CARL SAGAN

La conexión cósmica

OTROS HORIZONTES
¿Hay posibilidades de comunicación con inteligencias extraterrestres?

Lectulandia

Este libro se divide en tres partes a cual más importante. En la primera Carl Sagan intenta transmitir el sentido de la perspectiva cósmica viviendo fuera de nuestras vidas en un diminuto trozo de roca y metal en un Universo de miles de millones de galaxias.

En la segunda parte se relacionan varios aspectos de nuestro Sistema Solar, principalmente con la Tierra, Marte y Venus.

Y en la tercera y última parte, se dedica a la posibilidad de comunicación con la inteligencia extraterrestre en planetas de otras estrellas. Puesto que todavía no se ha establecido ningún contacto, esta parte es necesariamente especulativa.

Carl Sagan

La conexión cósmica

ePub r1.0
Titivillus 25.03.2021

Título original: *The cosmic connection*
Carl Sagan, 1973
Traducción: Jaime Piñeiro
Diseño de cubierta: Horus

Editor digital: Titivillus
ePub base r2.1

Índice de contenido

Cubierta

La conexión cósmica

Prefacio

I. Perspectivas cósmicas
- 1. Un animal en transición
- 2. El unicornio de Cetus
- 3. Un mensaje de la Tierra
- 4. Un mensaje a la Tierra
- 5. Experimentos en utopías
- 6. Chauvinismo
- 7. La exploración del espacio como empresa humana
  - I. El interés científico
  - II. El interés público
  - III. El interés histórico

II. El sistema solar
- 8. Sobre la enseñanza de primer grado
- 9. Los legendarios dioses de la antigüedad
- 10. La historia detectivesca de Venus
- 11. Venus es el infierno
- 12. Ciencia e «inteligencia»
- 13. Las lunas de Barsoom
- 14. Las montañas de Marte
  - I. Observaciones desde la Tierra
  - II. Observaciones desde el espacio
- 15. Los canales de Marte
- 16. Las fotografías perdidas de Marte
- 17. La edad del hielo y la caldera
- 18. Comienzos y finales de la Tierra
- 19. Formación terriforme de los planetas
- 20. La exploración y utilización del sistema solar

III. Más allá del sistema solar
- 21. Algunos de mis mejores amigos son delfines

22. ¡Oiga! ¿Distribución central? ¡Envíenme veinte extraterrestres!
23. La conexión cósmica
24. Vida extraterrestre: una idea cuyo momento ha llegado
25. ¿Ha sido visitada la Tierra?
26. Estrategia en la búsqueda de la inteligencia extraterrestre
27. Si tenemos éxito…
28. Cables, tambores y caracolas
29. Tren nocturno a las estrellas
30. Astroingeniería
31. Veinte preguntas: una clasificación de civilizaciones cósmicas
32. Intercambios culturales galácticos
33. Entrada al infinito
34. Habitantes de las estrellas
    I. Una fábula
    II. Un futuro
    III. Los gatos negros cósmicos

Sobre el autor

Notas

Dedicado a mis hijos Dorion, Jeremy y Nicholas. Ojalá que su futuro —y el de todos los humanos así como otros seres— se presente lleno de promesas.

PREFACIO

CUANDO YO TENÍA DOCE AÑOS, mi abuelo me preguntó —mediante un traductor, pues nunca había aprendido bien el inglés— qué quería ser cuando fuese mayor. Le respondí que «astrónomo», palabra que al cabo de unos momentos le tradujeron. «Sí —respondió—, ¿pero cómo te ganarás la vida?».

Yo suponía que al igual que todas las personas adultas que conocía, me tendría que limitar a efectuar un trabajo aburrido, monótono, carente de todo poder creativo. A la astronomía solo podría dedicarme en los fines de semana. Cuando estudiaba el segundo año en la escuela superior descubrí que algunos astrónomos recibían una paga o sueldo por seguir cultivando su pasión. Entonces me sentí abrumado por un enorme gozo; sin duda alguna, podría dedicar todo mi tiempo a lo que más me gustaba y a lo que más me interesaba.

Incluso hoy día hay momentos en que lo que hago me parece un sueño improbable, aunque sí sumamente agradable. Tomar parte en la exploración de Venus, Marte, Júpiter y Saturno; reproducir, repetir los pasos que condujeron al origen de la vida hace cuatro mil millones de años en una Tierra muy diferente a la que conocemos; depositar instrumentos en Marte para buscar allí la vida, y, quizá, dedicar serios esfuerzos a comunicarnos con otros seres inteligentes, si los hay, ahí fuera, en la formidable oscuridad del firmamento nocturno.

Si hubiera nacido cincuenta años antes, no hubiese podido dedicarme a ninguna de esas actividades. Por entonces, no eran más que producto de una imaginación especulativa. Si hubiera nacido cincuenta años más tarde, tampoco habría podido dedicar mi vida a estas actividades, excepto, posiblemente, a la última de las mencionadas, ya que dentro de cincuenta años, a partir de ahora, se habrá dado fin a un reconocimiento preliminar del Sistema Solar, de la búsqueda de vida en Marte y del estudio del origen de la vida. Me considero sumamente afortunado de vivir en un momento de la historia de la Humanidad cuando se están emprendiendo tales aventuras.

De manera que cuando Jerome Agel vino a verme para que escribiera un libro que fuese popular, un libro que trata de comunicar a los demás mis opiniones sobre las investigaciones emprendidas y la misma importancia de estas aventuras, acepté tal responsabilidad, aun cuando su sugerencia llegaba poco antes de que se llevase a cabo la misión *Mariner 9* a Marte, hecho que estaba seguro ocuparía la mayor parte de mi tiempo durante muchos meses. En una ocasión posterior, después de charlar acerca de la comunicación con la inteligencia extraterrestre, Agel y yo cenamos en un restaurante polinesio de Boston. Mi horóscopo del día decía: «Muy pronto se te exigirá que descifres un importante mensaje». Por supuesto, aunque lo del horóscopo no pasaba de ser un juego infantil, el presagio, el pronóstico, era bueno.

Al cabo de siglos de confusas conjeturas, de especulaciones absurdas, conservadurismo indigesto y desinterés carente de toda posible imaginación, por fin ha llegado a su mayoría de edad el tema de la vida extraterrestre, y en la actualidad ha alcanzado una etapa práctica donde se la puede estudiar mediante técnicas rigurosamente científicas, una etapa en la que ha conseguido respetabilidad científica y en la que, asimismo, se entiende ampliamente su significado. Por esa razón, repito, la vida extraterrestre acaba de alcanzar su mayoría de edad.

Este libro se divide en tres partes a cual más importante. En la primera intento transmitir el sentido de la perspectiva cósmica viviendo fuera de nuestras vidas en un diminuto trozo de roca y metal circundando una de las doscientas cincuenta mil millones de estrellas que forman nuestra galaxia en un universo de miles de millones de galaxias. La declinación de una de nuestras más comunes concepciones, o de uno de nuestros más vulgares engreimientos, también es una de las aplicaciones prácticas de la astronomía. La segunda parte del libro se relaciona con varios aspectos de nuestro Sistema Solar —principalmente con la Tierra, Marte y Venus—. Aquí pueden hallarse algunos de los resultados e implicaciones del *Mariner 9*. La tercera parte se dedica a la posibilidad de comunicación con la inteligencia extraterrestre en planetas de otras estrellas. Puesto que todavía no se ha establecido ningún contacto —nuestros esfuerzos hasta la fecha han sido débiles—, esta parte es necesariamente especulativa. No he dudado en conjeturar dentro de lo que estimo puedan ser los límites normales de una plausibilidad científica. Y aunque no soy, por formación, un filósofo, sociólogo o historiador, no he dudado en esbozar implicaciones históricas, sociológicas y filosóficas de astronomía de exploración del espacio.

Desde aquí me atrevería a decir que los descubrimientos astronómicos que estamos a punto de conseguir son del más amplio significado humano. Si este libro llega a desempeñar un pequeño papel en aumentar el interés público por estas aventuras exploratorias, creo que habrá hecho honor a su propósito.

Al igual que ha sucedido con trabajos anteriores a este, sobre todo si se basan en temas especulativos, algunas de las declaraciones que aparecen en estas páginas despertarán enérgicas objeciones. Existen otros libros en los que se exponen distintas opiniones. La discusión razonada es el alma de la ciencia, como no lo es, por desgracia, en el terreno intelectualmente más anémico de la política. Pero creo que las opiniones que ofrecen ocasión de una mayor controversia y que aquí se exponen, tienen, sin embargo, valiosos elementos de significado científico. Deliberadamente he introducido el mismo concepto en contextos ligeramente diferentes y en ciertos lugares donde creí se precisaba de la discusión. El libro está cuidadosamente estructurado, pero, para aquellos lectores que solo deseen escudriñar, la mayor parte de los capítulos les ofrecerán todos los elementos adecuados para llevarlo a cabo.

Fueron demasiadas las personas que me ayudaron a configurar las opiniones que expongo sobre estos temas como para poder expresarles mi reconocimiento a todas ellas desde estas páginas, pero al releer los capítulos considero que me encuentro especialmente en deuda con Joseph Veverka y Frank Drake, ambos de la Cornell University, y con quienes durante los últimos años discutí tantos aspectos de esta obra. El libro fue redactado parcialmente durante un largo viaje transcontinental en un automóvil muy pequeño. Doy las gracias a Linda y a Nicholas por su estímulo y paciencia. También agradezco a Linda los dos dibujos en los que aparecen dos apuestos seres humanos y un elegante unicornio. Por otro lado, expreso mi profundo reconocimiento al fallecido Mauritz Escher, por el permiso concedido para reproducir su *Otro Mundo*, y a Robert Macintyre, por la figura humana y campo de estrellas de la tercera parte. Los cuadros y dibujos de Jon Lomberg constituyeron, para mí, auténtica fuente de emoción estética e intelectual, y le agradezco la producción de muchos de ellos especialmente para este libro. Las cuidadosas reproducciones fotográficas de Hermann Eckleman sobre la obra de Lomberg han facilitado mucho su publicación en este libro. Y, por supuesto, doy las gracias a Jerome Agel, sin cuya dedicación y perseverancia este libro jamás se hubiese escrito.

Por otra parte, me siento en deuda con John Naugle, de la NASA, por mostrarme su archivo de respuestas de la opinión pública a la placa del *Pioneer 10*; con el Oregon System of Higher Education, por el permiso

concedido para reproducir algunas ideas de mi libro *Planetary Exploration*; al Fórum de Historia Contemporánea, de Santa Bárbara, por el permiso para publicar una parte de mi carta distribuida por el Fórum en enero de 1973; a la Cornell University Press, por el permiso para reimprimir parte de mi capítulo «Los extraterrestres y otras hipótesis», de *UFO's: A Scientific Debate*, editado por Carl Sagan y Thornton Page, Cornell University Press, 1972. Asimismo, estoy muy reconocido a todos cuantos me han autorizado a reproducir, en el capítulo IV, sus observaciones sobre la placa *Pioneer 10*. La evolución de este libro a través de muchas maquetas sin duda se debe mucho a la capacidad técnica de Jo Ann Cowan y, sobre todo, de Mary Szymanski.

CARL SAGAN

PRIMERA PARTE

PERSPECTIVAS CÓSMICAS

No dejaremos de explorar
Y al final de toda nuestra investigación
Habremos llegado a donde comenzamos
Y conoceremos el lugar por vez primera…
Cuando las lenguas de fuego se plieguen
Para formar un nudo de fuego
Y el fuego y la rosa sean solo uno.

T. S. ELIOT, *Four Quartets*

CAPÍTULO 1

UN ANIMAL DE TRANSICIÓN

HACE CINCO MIL MILLONES DE AÑOS, cuando apareció el Sol, el Sistema Solar se transformó desde una negrura impenetrable a un cegador chorro de luz. En las partes interiores del Sistema Solar, los primeros planetas eran grupos irregulares de roca y metal; los desechos, los constituyentes menores de la nube inicial, el material que no se había alejado tras la ignición del Sol.

Estos planetas se calentaron al formarse. Los gases atrapados en su interior fueron exudándose, valga la expresión, para formar atmósferas. Se derritieron sus superficies y los volcanes fueron cosa común.

Las primeras atmósferas se componían de los más diversos átomos y eran muy ricas en hidrógeno. La luz del Sol, al incidir sobre las moléculas de la primitiva temprana atmósfera, las excitó, provocó choques moleculares y produjo moléculas de mayor tamaño. Bajo las inexorables leyes de la Química y la Física, estas moléculas actuaron recíprocamente, formaron verdaderos océanos y dieron lugar a la producción de otras moléculas mucho mayores, moléculas bastante más complejas que aquellos átomos iniciales de las cuales se habían formado, pero todavía microscópicas ante toda posible medida o norma humana.

Estas moléculas, notablemente suficientes, son las que nos forman. Los bloques de construcción, por así decirlo, de los ácidos nucleicos, que constituyen nuestro material hereditario, y los bloques de cimentación de las proteínas, los obreros que ejecutan el trabajo de la célula, se produjeron de la atmósfera y océanos de la primitiva Tierra. Sabemos esto porque hoy día podemos reproducir dichas moléculas repitiendo las condiciones primitivas.

Casualmente, hace muchos miles de millones de años, se formó una molécula que poseía una capacidad notable. Era capaz de producir, de los bloques de construcción moleculares de las aguas circunstantes, una copia de sí misma, un doble de sí misma bastante exacto. En este sistema molecular hay un conjunto de instrucciones, un código molecular que contiene la secuencia de bloques de edificación de los cuales se construye la molécula mayor. Cuando, por accidente, se produce un cambio en la secuencia, también se modifica la copia o lo que hemos llamado «doble». Semejante sistema

molecular —capaz de replicación, mutación y repetición de sus mutaciones— puede denominarse «vivo». Es una colección de moléculas que puede evolucionar mediante la selección natural. Las moléculas capaces de replicar con mayor rapidez, o de reproducir bloques de construcción partiendo de cuanto les rodea para alcanzar una mayor variedad, una variedad más útil, se reprodujeron con mayor eficacia que sus competidoras, y con el tiempo dominaron.

Pero las condiciones cambiaron gradualmente. El hidrógeno escapó al espacio. La producción de bloques moleculares de edificación declinó. Disminuyó el material alimenticio que, antiguamente, existía en gran abundancia. Se expulsó a la vida del jardín molecular del Edén. Tan solo fueron capaces de sobrevivir aquellos conjuntos de moléculas capaces de transformar cuanto les rodeaba, capaces de producir máquinas moleculares eficaces para la conversión de moléculas simples en otras complejas aptas para la supervivencia. Aislándose de cuanto las rodeaba, manteniendo las primitivas condiciones idílicas, aquellas moléculas que se rodeaban de membranas tenían una ventaja. Surgieron las primeras células.

Al carecer o al no ser fáciles de obtener los bloques moleculares de edificación, los organismos tuvieron que trabajar duramente para formarlos. Las plantas fue el resultado. Las plantas se inician con aire y agua, minerales y luz solar, y producen bloques moleculares de edificación, de muy elevada complejidad. Los animales, como los seres humanos, son parásitos en las plantas.

Los cambios de clima y competencia entre lo que era entonces amplia diversidad de organismos dio origen a una mayor especialización, una sofisticación de funciones y una elaboración de forma. Una rica formación de plantas y animales comenzó a cubrir la Tierra. Aparte de los primeros océanos en los que surgió la vida, se colonizaron nuevos ambientes, como la tierra y el aire. Entonces, los organismos ya vivían desde la cima del monte Everest hasta los rincones más profundos de los abismos. Los organismos viven en soluciones concentradas, ardientes, de ácido sulfúrico y en secos valles del Antártico. Los organismos viven en el agua condensada y retenida en un simple cristal de sal.

Las formas de vida desarrolladas que armonizaban bien con sus ambientes específicos, se adaptaron admirablemente a las condiciones reinantes. Pero estas cambiaron. Los organismos estaban demasiado especializados. Murieron. Otros organismos se adaptaron en peores condiciones, pero estaban más generalizados. Las circunstancias cambiaron, el clima varió, pero los

organismos fueron capaces de persistir. Muchas más especies de organismos han muerto durante la historia de la evolución terrestre que los que viven hoy día. El secreto de la evolución es el tiempo y la muerte.

Entre las adaptaciones que parecen ser útiles está la que llamamos inteligencia. La inteligencia es la ampliación de una tendencia evolucionista que se manifiesta en los organismos más simples: la tendencia hacia el control del ambiente. El adicto y fiel método biológico de control ha sido el material hereditario: información transmitida por ácidos nucleicos de generación en generación, información sobre cómo construir un nido, información sobre el temor a las caídas, a las serpientes, o a la oscuridad; información sobre cómo volar hacia el Sur durante el invierno. Pero la inteligencia necesita información sobre una cualidad adaptable desarrollada durante la vida completa de un solo ser. Hoy día existe una variedad de organismos en la Tierra que poseen esta cualidad que llamamos inteligencia. Los delfines la tienen y lo mismo ocurre con los grandes antropoides. Pero es mucho más evidente en el organismo llamado hombre.

En el hombre no solo existe esa información de adaptabilidad adquirida en la vida de un solo individuo, sino que se transmite estratégicamente a través de la cultura, libros y educación. Es precisamente esto, más que otra cosa, lo que ha elevado al hombre a su actual estado preeminente en el planeta Tierra.

Somos el producto de cinco mil millones de años de evolución biológica lenta, fortuita, y no hay razón alguna para pensar en que se haya detenido tal proceso evolutivo. El hombre es un animal en período de transición. No es el clímax de una creación.

La Tierra y el Sol existirán muchos más miles de millones de años. El futuro desarrollo del hombre probablemente dependerá de una disposición cooperadora entre la evolución biológica controlada, manejos genéticos y una íntima asociación entre organismos y máquinas inteligentes. Pero no creo que haya nadie que pueda emitir pronóstico alguno de esta evolución futura. Lo que sí resulta evidente es que no podemos permanecer estáticos.

Al parecer, en nuestra historia más primitiva, los individuos eran adictos a su inmediato grupo tribal, que posiblemente no sobrepasaría los diez o veinte individuos, todos ellos emparentados por lazos de consanguinidad. A medida que el tiempo transcurrió, la necesidad de un comportamiento de cooperación —en la caza de grandes animales o rebaños, en la agricultura y en el desarrollo de ciudades— obligó a los seres humanos a formar grupos cada vez mayores. En la actualidad, ejemplo particular de los cinco mil millones de años de historia de la Humanidad, la mayoría de los seres humanos deben

fidelidad y obediencia al estado-nación (aunque algunos de los problemas políticos más peligrosos surjan todavía a causa de conflictos tribales relacionados con unidades de población muy pequeñas).

Muchos líderes visionarios han imaginado una época en la que la devoción, obediencia o fidelidad de un ser humano individual no se centre en su particular estado-nación, religión, raza o grupo económico, sino que lo haga sobre toda la Humanidad en su conjunto, es decir que cuando se beneficie a un ser humano de otro sexo, raza, religión, que se encuentra a una distancia de nosotros de quince mil kilómetros, el hecho nos sea tan preciado como si hubiésemos favorecido a nuestro propio hermano o vecino. Se tiende a seguir el criterio, pero el avance es sumamente lento. Aquí es preciso hacerse una pregunta muy seria sobre si se podrá lograr semejante autoidentificación global de la Humanidad antes de que nos destruyamos con las fuerzas tecnológicas que ha desarrollado nuestra inteligencia.

En un sentido muy real, los seres humanos son máquinas construidas por los ácidos nucleicos para disponer una eficiente repetición de más ácidos nucleicos. En cierto sentido, nuestras necesidades más acuciantes, las más nobles empresas, y el manifiesto libre albedrío, son una expresión de la información codificada en el material genético: en cierto sentido, somos depósitos temporales y ambulantes de nuestros ácidos nucleicos. Esto no niega nuestra humanidad. No nos impide perseguir el bien, la verdad y lo bello. Pero sería un gran error ignorar de dónde procedemos en nuestros intentos por determinar a dónde vamos.

No cabe duda alguna de que nuestro sistema instintivo se ha modificado poco desde los días en que los hombres se reunían para cazar, hace varios centenares de miles de años. Nuestra sociedad ha cambiado enormemente desde aquellos tiempos, y los más grandes problemas de supervivencia en el mundo contemporáneo pueden entenderse en términos de este conflicto, entre lo que «sentimos» que debemos hacer obedeciendo a nuestros instintos más primarios, y lo que «sabemos» que debemos hacer obedeciendo, finalmente, a nuestra cultura extragenética.

Si sobrevivimos en estos peligrosos tiempos, resulta evidente que incluso una identificación con toda la Humanidad no es la identificación deseable y fundamental. Si sentimos profundo respeto por otros seres humanos como iguales receptores de este precioso patrimonio de cinco mil millones de años de evolución, ¿por qué no ha de aplicarse tal identificación también a todos los demás organismos de la Tierra que son, asimismo, el producto del mismo número de años de evolución? Cuidamos de una pequeña fracción de

organismos de la Tierra como, por ejemplo, perros, gatos y vacas —porque son útiles o porque nos halagan—. Pero las arañas, las salamandras, el salmón y el girasol son igualmente nuestros hermanos y hermanas.

Creo que la dificultad que todos experimentamos de extender nuestros horizontes de identificación en tal sentido es, en sí misma, genética. Las hormigas de una tribu lucharán hasta morir ante la intrusión de otras hormigas pertenecientes a diferente tribu. La historia humana está llena de casos monstruosos de pequeñas diferencias —pigmentación de la piel, especulación teológica abstrusa o forma de vestir y estilo de peinado—, que son causa de hostigamiento, esclavitud y asesinatos.

Un ser exactamente igual a nosotros, pero con una pequeña diferencia fisiológica —un tercer ojo, o pelo azul que cubra su nariz y frente—, es algo que provoca sentimientos de repugnancia o retroceso. Tales sentimientos pueden haber tenido un valor aceptable en otras épocas al defender nuestra pequeña tribu contra las bestias o los vecinos. Pero en nuestra época estos sentimientos son peligrosos y anticuados.

Ha llegado el momento de sentir respeto y reverencia no solamente hacia los seres humanos, sino también hacia todas las formas de vida; el mismo respeto que mostraríamos hacia una obra maestra de la escultura o hacia una máquina maravillosamente terminada. Desde luego, esto no significa que debamos abandonar los imperativos de nuestra propia supervivencia. El respeto hacia el bacilo del tétanos no llegará hasta el extremo de ofrecer nuestro cuerpo como medio de cultivo. Pero, al mismo tiempo, podemos recordar que aquí tenemos un organismo con una bioquímica que se remonta mucho más allá del pasado de nuestro planeta. El bacilo del tétanos está intoxicado por el oxígeno molecular, el que nosotros respiramos tan libremente. El bacilo del tétanos, pero no nosotros, se hallaría como pez en el agua en aquella atmósfera rica en hidrógeno y libre de oxígeno de la primitiva Tierra.

El respeto y reverencia hacia toda forma de vida es factor importantísimo en unas cuantas religiones del planeta Tierra, por ejemplo, entre los jainos de la India. Y algo que se aproxima mucho a esta idea es responsable de vegetarianismo, al menos en las mentes de muchos practicantes de esta dieta represiva. Pero ¿por qué ha de ser mejor matar plantas que animales?

Los seres humanos solo pueden sobrevivir matando otros organismos. Pero podemos realizar una compensación ecológica cultivando otros organismos; estimulando la plantación de bosques, impidiendo la matanza al por mayor de organismos como las ballenas y focas, organismos que pueden

tener valor comercial o industrial, como asimismo declarando fuera de la ley la caza injustificada, y haciendo que el medio ambiente de la Tierra sea más agradable para todos sus habitantes.

Puede haber un momento, como expongo en la tercera parte de este libro, en el que entremos en contacto con otros seres inteligentes en un planeta de alguna lejana estrella, con seres que cuentan con miles de millones de años de evolución completamente independiente, seres que es probable se parezcan poco a nosotros, aunque puedan pensar de forma parecida. Es importante que extendamos nuestros horizontes de identificación, no precisamente sobre las formas de vida más simples y humildes de nuestro planeta, sino también hacia formas de vida exóticas y avanzadas que puedan habitar con nosotros, en nuestra enorme galaxia de estrellas.

CAPÍTULO 2

EL UNICORNIO DE CETUS

EN EL CIELO, cuando el aire está limpio y claro, hay un test de Rorschach que nos está esperando. Millares de estrellas brillantes y débiles, en deslumbradora variedad de colores, parecen cruzar el dosel de la noche. El ojo, irritado por aquel supuesto desbarajuste, buscando orden, tiende a organizar pautas o patrones entre alejados y distintos puntos de luz. Nuestros antepasados de hace miles de años, que se pasaban todo el tiempo al aire libre, un aire puro, estudiaron cuidadosamente todos estos patrones. Así se desarrolló toda una rica ciencia mitológica.

Gran parte del contenido original de esta mitología astral no ha llegado hasta nosotros. Es tan antigua, se ha reordenado y relatado tantas veces, sobre todo durante los últimos millares de años por individuos no familiarizados con el aspecto del cielo, que sin duda alguna se ha perdido gran parte de ella. Aquí y allá, en extraños lugares, aún permanecen los ecos de relatos cósmicos sobre los patrones que presenta el cielo.

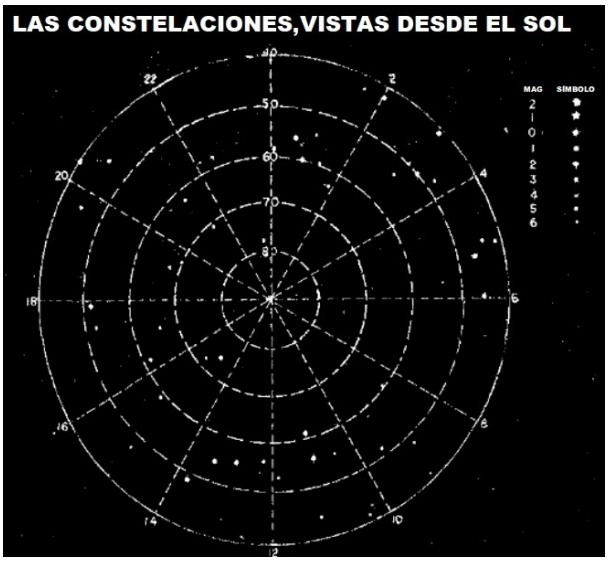
En el Libro de los Jueces figura un relato acerca de un león atacado por un enjambre de abejas, incidente a primera vista raro y poco consecuente. Pero la constelación de Leo, en el cielo nocturno, se halla junto a un grupo de estrellas, visibles en una noche clara como un velloso retazo de luz llamado Praesepe. Por el aspecto que presenta, observado con el telescopio, los astrónomos modernos le llaman «La Colmena». Me pregunto si en el Libro de los Jueces no nos habrán dejado como herencia esa imagen de Praesepe, obtenida por algún hombre de vista excepcional que viviera en aquella época muy anterior al descubrimiento del telescopio.

Cuando contemplo el cielo por la noche, no puedo distinguir la figura o el perfil de un león en la constelación Leo. Veo la Osa Mayor, y, si la noche es clara, la Osa Menor. Me siento perdido si trato de hallar un cazador en Orión o la figura de un pez en la constelación de Piscis y, por supuesto, me resulta totalmente imposible ver la figura de un auriga o cochero en Auriga. Las bestias míticas, personajes e instrumentos, situados por los hombres en el cielo, son arbitrarios y no evidentes. Hay acuerdos, convenios, sobre cuál es esta o aquella constelación, acuerdos sancionados en años recientes por la

International Astronomical Union, que traza límites separando una constelación de otra. Pero en el cielo hay muy pocas figuras claras.

Estas constelaciones, aun cuando se dibujan en dos dimensiones, la verdad es que son tridimensionales. Una constelación como, por ejemplo, Orión está formada por estrellas brillantes situadas a considerables distancias de la Tierra y estrellas de menos luz situadas mucho más cerca. Si variásemos nuestras perspectivas, si moviésemos nuestro punto de vista —por ejemplo, con un vehículo espacial interestelar—, el aspecto del cielo cambiaría. Las constelaciones se deformarían lentamente.

Gracias a los esfuerzos realizados por David Wallace en el Laboratorio de Estudios Planetarios de la Cornell University, se ha podido programar una computadora con la información sobre las posiciones tridimensionales desde la Tierra a cada una de las más brillantes y cercanas estrellas, incluso de una quinta magnitud, el limitado fulgor visible para el ojo desnudo en una noche clara. Cuando pedimos a la computadora que nos muestre el aspecto que presenta el cielo visto desde la Tierra, observamos algunos resultados relacionados con la deformidad antes mencionada en las figuras acompañantes: Una deformación para las constelaciones del Norte, circumpolares, incluyendo la Osa Mayor, la Osa Menor, y Casiopea; otra para las constelaciones del Sur, circumpolares, incluyendo la Cruz del Sur; y otra para la amplia gama de estrellas situadas en latitudes medias incluyendo Orión y las constelaciones del Zodíaco. Si el lector no es un estudiante avezado en las constelaciones convencionales, creo que experimentará algunas dificultades en distinguir escorpiones y vírgenes en el cuadro general.



Las constelaciones de la zona septentrional del cielo, vistas desde las cercanías del Sol o de la Tierra.

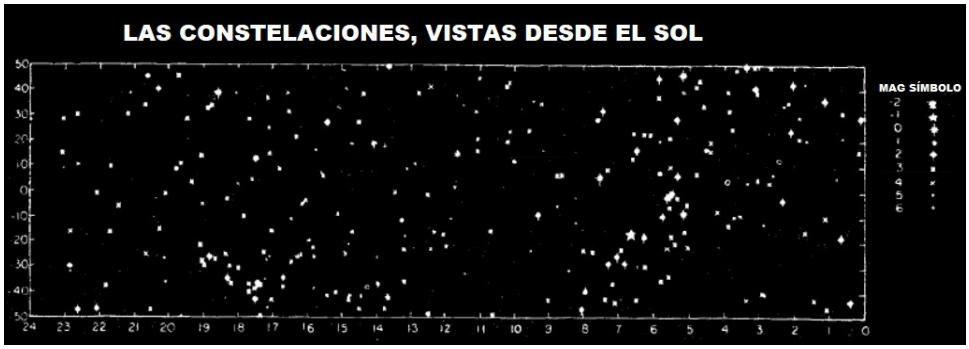
Luego pedimos a la computadora que nos muestre el cielo visto desde la estrella más cercana a la nuestra, Alfa Centauro, sistema de tres estrellas, situado a unos 4,3 años luz de la Tierra. En función de la escala de nuestra galaxia Vía Láctea, esta es una distancia tan corta que nuestras perspectivas siguen siendo exactamente las mismas. La Osa Mayor se presenta igual que si se viera desde la Tierra. Casi todas las restantes constelaciones aparecen invariables. Sin embargo, hay una sorprendente excepción, y es la constelación Casiopea, la reina del antiguo reino, madre de Andrómeda y suegra de Perseo, que aparece como conjunto de cinco estrellas dispuestas en forma de W o M, dependiendo, naturalmente, de cómo haya girado el cielo. Sin embargo, desde Alfa Centauro se distingue una muesca extra en la M; una sexta estrella aparece en Casiopea, mucho más brillante que las otras cinco. Esa estrella es el Sol. Desde una situación ventajosa de la estrella más cercana, nuestro Sol es punto relativamente brillante, pero poco insinuante en el cielo nocturno. No hay manera de distinguir mirando a Casiopea desde el cielo de un hipotético planeta de Alfa Centauro que haya planetas girando alrededor del Sol, que en el tercero de estos planetas haya formas de vida, y que una de estas formas de vida se considere dotada de gran inteligencia. Si este es aplicable a la sexta estrella en Casiopea, ¿no podría serlo también a innumerables millones de otras estrellas en el cielo nocturno?

La misma escena vista desde la estrella más cercana, Alfa Centauro. La nueva estrella de la constelación de Casiopea, cerca de 60° de latitud celeste y 2,5 horas de longitud celeste, es el Sol.

Una de las dos estrellas que el Proyecto Ozma estudió hace una década buscando posibles indicios de inteligencia extraterrestre fue Tau Ceti, en la constelación de Cetus (tal y como se ve desde la Tierra), la ballena. La computadora dibujó el cielo como si fuera visto desde un hipotético planeta

de Cet. Ahora nos hallamos a un poco más de once años-luz de distancia del Sol. La perspectiva ha cambiado algo más. Ha variado la relativa orientación de las estrellas y quedamos en libertad de inventar nuevas constelaciones, «test» de proyecto psicológico para los cetianos.

Pedí a mi esposa Linda, que es una buena artista, dibujara la constelación de un unicornio en el cielo cetiano. Ya hay un unicornio en nuestro cielo, llamado Monoceros, pero deseaba que este unicornio fuese mayor y más elegante —y también ligeramente diferente a los unicornios terrestres comunes—, con seis patas, por ejemplo, en lugar de cuatro. Mi esposa inventó una linda bestia. En contra de lo que me esperaba, es decir que el animal presentara tres pares de patas, este especial unicornio aparece galopando orgullosamente sobre dos grupos de tres patas cada uno. Da la impresión de que el animal está realizando un verdadero galope. Hay una diminuta estrella que apenas se ve, situada en el punto donde se unen la cola y el cuerpo del unicornio. Esa estrella tan débil y tan mal colocada es el Sol. Los cetianos pueden considerarla como divertida especulación de que una raza de seres inteligentes vive en un planeta que gira alrededor de la estrella, que casi une al unicornio con su cola.



Las estrellas más brillantes vistas desde la Tierra y el Sol, que no están cerca de los polos celestes Norte o Sur.

Las mismas estrellas, vistas desde Tau Ceti, una de las estrellas más próximas, como el Sol. En el cielo de Tau Ceti, el Sol es estrella de cuarta magnitud.

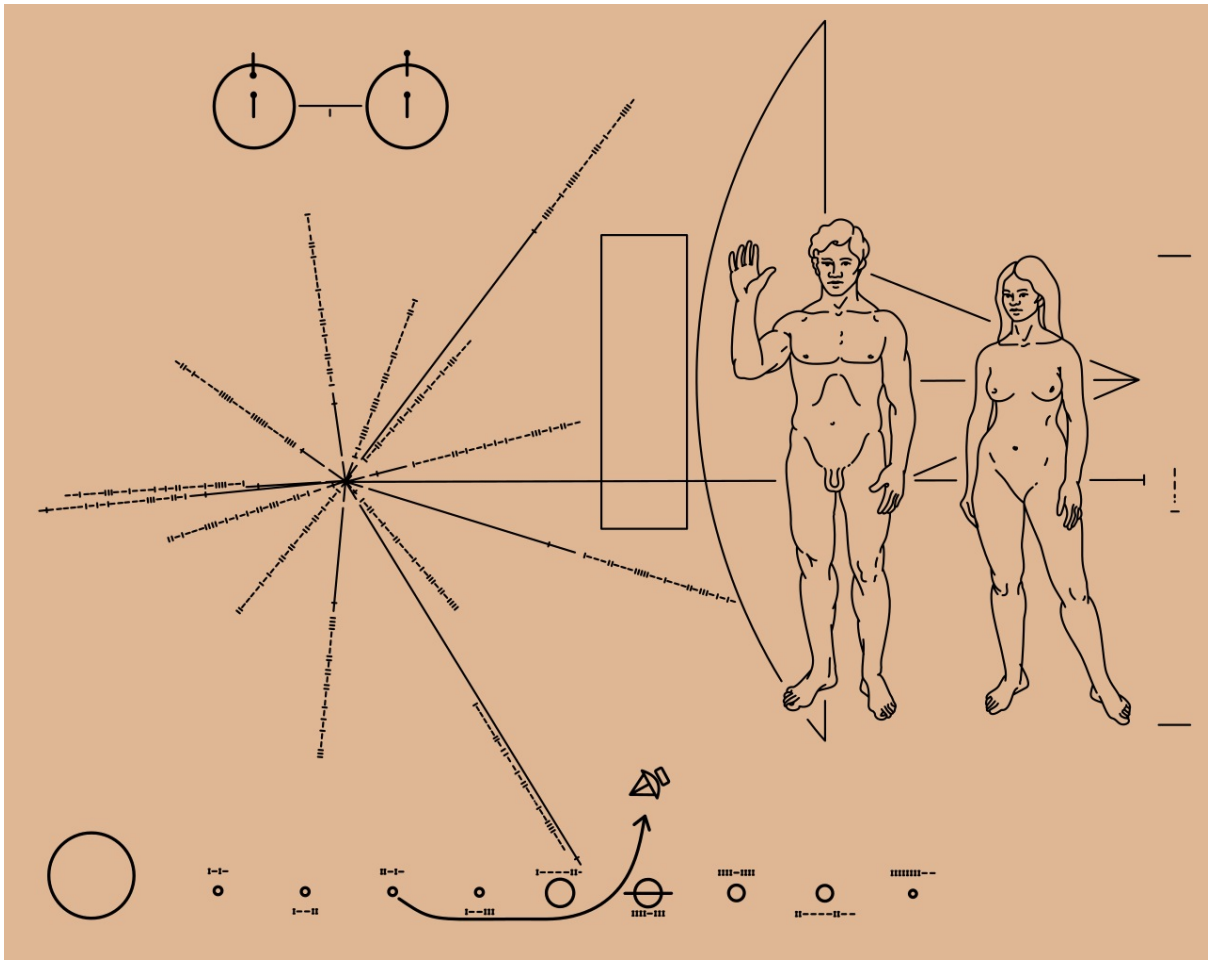
Cuando nos movemos a distancias mayores del Sol que Tau Ceti —a cuarenta o cincuenta años luz— el Sol aminora todavía más su brillo hasta ser invisible al ojo humano. Los largos viajes interestelares —si algún día llegan a realizarse— no emplearán al Sol como punto de referencia. Nuestra poderosa estrella de la cual depende toda vida sobre la Tierra, nuestro Sol, que es tan brillante que se corre el peligro de quedarse ciego si se le contempla directamente, no se ve en absoluto a una distancia de unas cuantas docenas de años-luz, una milésima parte de la distancia que hay al centro de nuestra Galaxia.

CAPÍTULO 3

UN MENSAJE DE LA TIERRA

EL PRIMER INTENTO serio que hizo la Humanidad por comunicarse con civilizaciones extraterrestres tuvo lugar el 3 de marzo de 1972, con el lanzamiento del *Pioneer 10* desde Cabo Kennedy. El *Pioneer 10* fue el primer vehículo espacial que se diseñó para explorar el medio ambiente del planeta Júpiter y, antes en su viaje, los asteroides que hay entre las órbitas de Marte y Júpiter. Su órbita no sufrió trastorno alguno por parte de un asteroide errante; el factor seguridad se calculó en la proporción de 20 a 1. Se aproximó a Júpiter el día 3 de diciembre de 1973, y en ese momento sufrió una aceleración por la gravedad de Júpiter para convertirse en el primer objeto volador construido por el hombre que abandonaba el Sistema Solar. Su velocidad de despegue es aproximadamente de 13 km por segundo.

El *Pioneer 10* es también el objeto más veloz lanzado hasta la fecha por la Humanidad. Pero el espacio está muy vacío y las distancias entre las estrellas son enormes. En los próximos diez mil millones de años, el *Pioneer 10* no penetrará en el sistema planetario de ninguna otra estrella, aun suponiendo que todas las estrellas de la Galaxia cuenten con tales sistemas planetarios. La nave espacial necesitará unos 80000 años para recorrer la distancia que hay a la estrella más próxima situada a 4,3 años-luz de la Tierra.



La placa a bordo de la nave espacial ***Pioneer 10****.*

Pero el *Pioneer 10* no ha sido dirigido hacia las proximidades de la estrella más cercana. En lugar de esto, viajará hacia un punto situado en la esfera celeste cerca del límite de las constelaciones de Tauro y Orión, donde no hay objetos cercanos.

Es posible que la nave espacial se encuentre con una civilización extraterrestre, siempre y cuando dicha civilización posea gran capacidad de vuelos interestelares y pueda interceptar semejantes naves espaciales en las que impera el silencio.

La colocación de un mensaje a bordo del *Pioneer 10* es algo similar a la botella que lanza al océano el marinero que ha naufragado, botella con un mensaje en su interior, con la esperanza de que llegue a manos de alguien. Pero el océano espacial es muchísimo más vasto que cualquier océano de la Tierra.

Cuando me llamó la atención la posibilidad de colocar un mensaje en una «botella espacial», me puse en contacto con la oficina de proyectos del *Pioneer 10* y con el cuartel general de la NASA con objeto de comprobar si existía alguna probabilidad de que mi sugerencia tuviera algún eco. Ante mi

sorpresa y alegría, la idea encontró apoyo inmediato en todos los escalones jerárquicos de la NASA, a pesar de que era —según las normas generales— ya muy tarde para realizar incluso mínimos cambios en la nave espacial. Durante una reunión de la Sociedad Americana de Astronomía celebrada en San Juan de Puerto Rico, en diciembre de 1971, discutí en privado, con mi colega el profesor Frank Drake, también de Cornell, qué forma podrían adoptar los posibles mensajes que colocaríamos a bordo. Al cabo de unas cuantas horas decidimos a título de prueba, cuál sería el contenido del mensaje. Luego, las figuras humanas se añadieron mediante el trabajo personal de mi esposa-artista, Linda Salzman Sagan. Sin embargo, no creemos que sea el mensaje óptimo que se pueda concebir para tal propósito: solamente disponíamos de tres semanas de plazo para la presentación de la idea, dibujo y diseño del mensaje, su aprobación por la NASA y la grabación de la placa final. En 1973, ya se ha lanzado al espacio una placa idéntica en el *Pioneer 11*, en una misión similar.

Se trata de una plancha de 15 × 23 cm, de aluminio y oro anodizado, sujeta a los puntales que soportan la antena del *Pioneer 10*. El índice de desgaste que se puede esperar en el espacio interestelar es suficientemente pequeño como para que este mensaje pueda permanecer intacto durante centenares de millones de años, y probablemente, por un período de tiempo mucho mayor. De aquí que este sea el artefacto construido por la Humanidad con una más larga esperanza de vida.

El mensaje intenta comunicar con los locales, manifestar época y algo sobre la naturaleza de los constructores de la nave espacial. Está escrito en el único lenguaje que compartimos con los destinatarios: la ciencia. En la parte superior izquierda aparece una representación esquemática de la transición entre giros de electrones de protones paralelos y antiparalelos del átomo de hidrógeno neutro. Bajo esta representación está el número binario 1. Tales transiciones de hidrógeno están acompañadas por la emisión de un fotón en radiofrecuencia de una longitud de onda de aproximadamente 21 cm y una frecuencia de unos 1420 megahertzios. Así, hay una distancia característica y un tiempo característico asociados a la transición. Puesto que el hidrógeno es el átomo más abundante en la Galaxia, y como la física es igual en toda la Galaxia, creemos que una civilización avanzada no tendrá dificultad alguna en comprender esta parte del mensaje. Pero, como comprobación, en el margen derecho aparece el número binario 8 (1———) entre dos marcas, indicando la altura de la nave espacial *Pioneer 10*, representada tras el hombre y la mujer. Una civilización que reciba la placa sin duda también

recibirá la nave espacial, y podrá determinar que la distancia indicada es evidentemente cercana a ocho veces 21 cm, confirmando así que el símbolo de la parte superior izquierda representa la transición del hidrógeno.

Figuran más números binarios en el dibujo radial que abarca la parte principal del diagrama en el centro izquierda. Estos números, si estuvieran escritos en el sistema decimal, estarían formados por diez dígitos. Deben representar distancias o tiempos. Si son distancias, entonces serán de un orden varias veces 10^{11} cm, o unas cuantas docenas de veces la distancia que hay entre la Tierra y la Luna. Es muy probable que nosotros les considerásemos útiles para la comunicación. A causa del movimiento de los objetos dentro del Sistema Solar, tales distancias varían de manera continua y compleja.

Sin embargo, los correspondientes tiempos están en el orden de $^1/_{10}$ segundos a 1 segundo. Estos son los períodos característicos de los pulsares, fuentes naturales y regulares de emisión radiocósmica; los pulsares son estrellas neutrónicas que giran rápidamente, producidas en catastróficas explosiones estelares (véase capítulo XXXIV). Creemos que una civilización científicamente sofisticada no tendrá dificultad alguna en comprender el dibujo radial, así como las posiciones y períodos de 14 pulsares con respecto al Sistema Solar de lanzamiento.

Pero los pulsares son relojes cósmicos que se gastan, por así decirlo, bajo índices bien conocidos. Los que reciban el mensaje deberán preguntarse a sí mismos no solo dónde fue siempre posible ver 14 pulsares dispuestos en posición tan relativa, sino también *cuándo* fue posible verlos. Las respuestas son: Únicamente desde un volumen muy pequeño de la Vía Láctea y en un solo año en toda la historia de la Galaxia. Dentro de los límites de ese pequeño volumen hay, quizá, mil estrellas; solamente una de ellas ha de tener el orden de planetas con distancias relativas tal y como se indica en el fondo del diafragma. Asimismo se muestran los tamaños aproximados de los planetas y los anillos de Saturno; por supuesto, de forma esquemática. Por otra parte, en el diafragma se muestra una representación esquemática de la trayectoria inicial de la nave espacial lanzada desde la Tierra, como también su paso junto a Júpiter. Así, el mensaje especifica una estrella en aproximadamente doscientos cincuenta mil millones, y un año (1970) en aproximadamente diez mil millones de años.

Hasta este punto, el contenido del mensaje debe ser suficientemente claro para una civilización extraterrestre avanzada, que sin duda tendrá que examinar también a todo el *Pioneer 10*. Probablemente, el mensaje es mucho menos claro para el hombre de la calle, si esta calle se halla en la Tierra. (Sin

embargo, las comunidades científicas de la Tierra no han experimentado ninguna dificultad para descifrar el mensaje). Podemos asegurar que el caso se presenta al revés en cuanto se refiere a las representaciones de los seres humanos que aparecen en la derecha. Los seres extraterrestres, que son el producto de cinco mil millones de años o más de evolución biológica independiente, puede que no se parezcan en absoluto a los humanos, ni tampoco sea igual todo cuanto se refiera a las convenciones sobre perspectivas y dibujo que existen aquí. En consecuencia, es muy probable que la parte más misteriosa del mensaje la constituyan los seres humanos.

CAPÍTULO 4

UN MENSAJE A LA TIERRA

LA DORADA TARJETA DE VISITA O SALUDO, situada a bordo del *Pioneer 10*, tenía como objetivo principal, si alguna vez se daba tal remota contingencia, de que los representantes de una avanzada civilización terrestre pudiesen hallar o recibir este primer artefacto de la Humanidad que abandonaba el Sistema Solar por vez primera. Pero el mensaje tuvo un impacto mucho más inmediato. Ya fue detalladamente estudiado, no por seres extraterrestres, sino por terrestres. Los seres humanos de toda la Tierra lo han examinado, aplaudido, criticado, interpretado, e incluso han propuesto otra clase de mensajes.

Los gráficos del mensaje se reprodujeron ampliamente en periódicos y programas de televisión, en revistas literarias, gráficas y en publicaciones nacionales de carácter científico. Hemos recibido cartas de científicos, amas de casa, historiadores y artistas feministas y homosexuales, oficiales del Ejército y funcionarios del Estado. Incluso recibimos una carta de un profesor de contrabajo. Nuestra placa fue reproducida por una compañía de grabación para su comercialización, así como por un distribuidor de juegos científicos para niños, un fabricante de tapicerías, una fábrica italiana especializada en lingotes de plata… todos, a propósito, sin contar para ello con la más mínima autorización.

La mayor parte de los comentarios fueron favorables y algunos hasta entusiásticos. Los enormes tableros de publicidad callejeros del *Tribune* de Ginebra, Suiza, anunciaban «*Message de la NASA pour les extraterrestres!*». Nos escribió un científico para decirnos que la base científica y su descripción de la placa que publicamos en el diario americano *Science* era el primer documento científico que realmente le había hecho derramar lágrimas de alegría. Un corresponsal en Athens, Georgia, escribe: «Todos nos habremos ido antes de que este particularísimo mensaje haya sido recogido por algún indescriptible ser espacial, pero aun así su misma existencia, la audacia del sueño, produce inevitablemente en mí —y en muchos otros, lo sé— los sentimientos de un Balboa, un Leeuwenhoek, de un ser humano al sentirse muy humano».

En el Instituto de Tecnología de California, donde la inscripción es un misterio, algún artista desconocido dibujó el mensaje sobre el muro de un solar, despertando amistosos saludos por parte de los peatones y vecinos que esperamos sirvan de modelo a los lectores extraterrestres.

Pero también hubo comentarios críticos. No se dirigían hacia el mapa pulsar, núcleo científico del mensaje, sino más bien a la representación del hombre y la mujer. Los dibujos originales de esta pareja fueron hechos por mi esposa y se basaron en los modelos clásicos de la escultura griega y en los dibujos de Leonardo da Vinci. Los dos seres no aparecen cogidos de la mano, ya que esto podría inducir a pensar a los extraterrestres que la pareja es un solo organismo unido por las yemas de los dedos (en ausencia de caballos indígenas, tanto los aztecas como los incas consideraban al conquistador montado como un solo animal, especie de centauro con dos cabezas). El hombre y la mujer no se muestran en la placa adoptando la misma postura, de manera que pueda reflejarse la flexibilidad de los miembros, aunque entendemos perfectamente que las normas de perspectivas y dibujo lineal de la Tierra no signifiquen nada o casi nada para civilizaciones con otras normas artísticas.

La mano derecha del hombre está alzada en el gesto que una vez leí en un libro de antropología se considera como signo «universal» de buena voluntad, aunque tal universalidad sea, por supuesto, poco probable. Al menos, el saludo muestra nuestros pulgares opuestos. Solamente una de las dos personas presenta la mano alzada en ademán de saludo, a menos que —también podría darse el caso— los receptores dedujeran equivocadamente que uno de nuestros brazos está doblado de manera permanente por el codo.

Algunas señoras escribieron quejándose de que la mujer aparece adoptando una actitud demasiado pasiva. Una de ellas escribió diciendo que también le agradaría saludar al Universo con ambos brazos extendidos, en gesto de salutación muy femenina. La principal crítica femenina se centra sobre el hecho de que la mujer no está dibujada del todo, que aparece sin ninguna huella exterior que indique su sexo. La decisión de omitir este detalle en el diagrama se tomó, en parte, debido a que las estructuras griegas también lo omiten. Pero hubo otra razón: nuestro deseo de ver el mensaje lanzado con el *Pioneer 10*. Es probable, al mirar ahora hacia atrás, que entonces juzgáramos a las jerarquías politicocientíficas de la NASA como mucho más puritanas de lo que en realidad son. En las numerosas conversaciones que sostuve con dichos funcionarios, desde el Administrador General de la NASA hasta el consejero científico del Presidente, puedo asegurar que en momento

alguno se pronunció ninguna gazmoñería victoriana, y que asimismo, en todo instante, se nos concedió gran ayuda y estímulo.

Sin embargo, resulta evidente que al menos algunos individuos se sintieron ofendidos por la representación humana en la placa. El *Sun Times* de Chicago, por ejemplo, publicó tres versiones de la placa en diferentes ediciones, todas en el mismo día: En la primera el hombre aparecía completo; en la segunda sufría de una extraña y repentina a la vez que fea castración; y en la versión final —sin duda para tranquilizar al padre de familia— aparecía sin ningún signo sexual en absoluto. Esto puede haber complacido a una corresponsal feminista que escribió al *Times* de Nueva York, diciendo que se sentía tan furiosa por la incompleta representación de la mujer, que experimentaba el irresistible impulso de «¡cortar el brazo derecho del hombre!».

El *Inquirer* de Filadelfia publicó en su primera página una ilustración de la placa pero suprimiendo los pezones de la mujer y el aparato genital del hombre. Al parecer, en tal ocasión, el ayudante del jefe de redacción dijo: «Un periódico de familia debe mantener las sanas normas de la comunidad».

Toda una completa mitología se desarrolló sobre la ausencia de signos visibles genitales femeninos. Fue una columna escrita por el respetado escritor científico Tom O'Toole, del *Post* de Washington, la que primero informó sobre el hecho de que los funcionarios de la NASA habían censurado una original representación de la mujer. Esta historia circuló por toda la nación escrita por columnistas como Art Hoppe, Jack Stapleton Jr., y otros. Stapleton imaginaba a los encolerizados y escandalizados ciudadanos de otro planeta recibiendo la placa, y en plena furia de ultraje moral cubrían con cinta adhesiva la representación pornográfica de los *pies* del hombre y la mujer. Una carta dirigida al *Daily News* proponía que, si había que censurar a la mujer, entonces, consecuentemente, debían haberse pintado de azul las narices de los dos seres humanos. Una carta publicada en la revista *Playboy*, carta muy dura, se quejaba de esta intrusión de la censura gubernamental en las vidas de los ciudadanos. Por otra parte, hubo muchas publicaciones de ciencia ficción que en sendos editoriales censuraron duramente la intervención del Gobierno.

La sexualidad que pueda haber en el mensaje también provocó auténticos incendios epistolares. El *Times* de Los Ángeles publicó la carta de un airado lector, quien decía:

> *Debo decir que me sentí sumamente escandalizado por la tremenda exhibición de los órganos sexuales masculinos y femeninos que aparecen en la primera página del* ***Times****. Seguramente este tipo de explotación sexual está muy por debajo de las normas que nuestra comunidad espera del* ***Times****.*
>
> *¿No es ya suficiente que tengamos que soportar el bombardeo de pornografía con que nos abruman películas y las revistas gráficas? ¿No es ya cosa suficientemente dañina, para coronarlo todo, que nuestros propios funcionarios de las organizaciones espaciales hayan considerado necesario extender esta suciedad incluso más allá de nuestro Sistema Solar?*

Esta misiva fue seguida, días más tarde, por otra carta publicada en el *Times*:

> *Ciertamente, estoy de acuerdo con todas aquellas personas que protestan por el envío de esos sucios dibujos al espacio. Creo que se debían haber suprimido los órganos de reproducción del hombre y de la mujer. Junto a ellos, debía de haberse dibujado una cigüeña con un pequeño paquete colgado del pico y descendiendo del cielo.*
>
> *Entonces, si realmente deseamos que nuestros celestiales vecinos sepan en qué medida hemos progresado en el aspecto intelectual, debíamos haber incluido dibujos de Santa Claus, Easter Bunny y Tooth Fairy.*

El *Daily News*, de Nueva York, publicaba un titular para el relato siguiendo las corrientes de la moda imperante: «Los desnudos y los mapas cuentan a otros mundos la historia de la Tierra».

Algunos de los corresponsales argumentaban que la función de los órganos sexuales no se haría en absoluto evidente, aun cuando apareciesen representados gráficamente, y nos estimulaban a que dibujásemos una secuencia de escenas en que apareciera la copulación. No había espacio suficiente para esto en una placa de tan escasas dimensiones. Me imagino

también, en caso de haberse hecho esto, cuáles hubieran sido las cartas enviadas al *Times* de Los Ángeles.

Un artículo publicado en *Catholic Review* criticaba la placa porque «lo incluye todo excepto Dios», y sugería que en lugar de dibujar un par de seres humanos habría que haber esbozado un par de manos enlazadas en gesto de oración.

Otro corresponsal sostenía que los detalles de perspectiva resultaban insuperablemente difíciles y nos animaba a que enviáramos al exterior los cadáveres completos de un hombre y una mujer. Se conservarían perfectamente en el frío del espacio y así los extraterrestres los podrían examinar con detalle. Naturalmente, nos negamos a hacerlo alegando un exceso de peso.

La primera página del *Barb*, de Berkeley, California, al parecer tratando de dar la impresión de que el hombre y la mujer del mensaje aparecían demasiado correctos y bien formados, los reprodujo con esta frase al pie: «¡Hola! Somos de Orange County».

Este comentario tocaba un aspecto de la representación del hombre y la mujer al que concedí gran importancia. En los dibujos originales de los que más tarde se hicieron los grabados, realizamos un gran esfuerzo para conseguir que tanto el hombre como la mujer tuvieran gran alcance racial. A la mujer se le dio aspecto físico agradable, y en cierta forma asiático, aunque parcialmente. Al hombre se le atribuyó nariz ancha, labios gruesos y corte de pelo «afro». En ambos seres también estaban presentes los característicos rasgos caucásicos. Esperábamos representar, al menos, tres de las principales razas humanas. En el grabado final sobrevivieron los labios, la nariz y el aspecto agradable en general, pero, como los cabellos de la mujer solo están dibujados en contorno, a muchos les pareció rubia, destruyendo así la posibilidad de una significativa contribución de genes asiáticos. También, y en algún momento de la transcripción del dibujo original al grabado final, el aspecto «afro» se convirtió en un corte de pelo dado al hombre que aparecía con cabello rizado, corto, con aspecto muy mediterráneo. Sin embargo, el hombre y la mujer de la placa son, en gran medida, representantes de los sexos y razas humanas.

El profesor E. Gombrich, director del Warburg Institute, famosa escuela de arte de Londres, critica la placa en el *Scientific American*. Se preguntaba cómo es posible que se espere que la placa pueda ser visible a un organismo extraterrestre que quizá no haya desarrollado el sentido de la vista en longitudes de onda visibles. La respuesta se deriva simplemente de las leyes

físicas. Las atmósferas planetarias absorben la luz del cercano sol o soles debido a tres procesos moleculares. El primero es un cambio en la energía de los electrones individuales adheridos a los átomos. Estas transiciones se dan en las zonas ultravioleta, rayos X y gamma del espectro y tienden a convertir en opacas las atmósferas planetarias en estas longitudes de onda. El segundo se trata de transiciones vibratorias que ocurren cuando dos átomos en una molécula determinada oscilan entre sí. Tales transiciones tienden a hacer que las atmósferas planetarias sean opacas en la cercana zona infrarroja del espectro. En tercer lugar, las moléculas sufren cambios giratorios debidos a la libre rotación de la molécula. Tales transiciones tienden a absorber la parte infrarroja más alejada. Como resultado, en general, la radiación de la cercana estrella que penetra a través de una atmósfera planetaria se hallará en las partes visibles del espectro, las partes que no son absorbidas por la atmósfera.

De hecho, estas son las principales «ventanas» que emplean los astrónomos para inspeccionar el universo desde la superficie de la Tierra. Pero las longitudes de onda de radio son tan largas que ningún organismo de razonable tamaño puede desarrollar dibujos de sus alrededores con «ojos» de longitud de onda de radio. Por tanto, esperamos se perfeccionen sensores de frecuencia óptica entre organismos y en planetas de estrellas en toda la Galaxia.

Sin embargo, aun cuando imaginemos organismos cuyos ojos funcionen bien en la zona infrarroja (o en la región de rayos gamma) y que sean capaces de interceptar al *Pioneer 10* en el espacio interestelar, probablemente no sea mucho pedirles que posean artefactos que examinen, escudriñen y estudien la placa en frecuencias a las cuales sus ojos son insensibles.

Como las líneas grabadas en la placa son más oscuras que el aluminio de oro anodizado que las rodea, el mensaje debe aparecer completamente visible, incluso en la zona infrarroja.

Gombrich también nos hace objeto de una especie de reprimenda por pintar una flecha como señal de la trayectoria a seguir por la nave espacial. Mantiene que las flechas serían solo comprensibles para civilizaciones que se han desarrollado, como la nuestra, partiendo de una sociedad cazadora. Pero aquí, de nuevo, no hace falta tropezarse con un extraterrestre demasiado inteligente para comprender el significado de la flecha. Hay una línea que se inicia en el tercer planeta de un sistema solar y termina en algún lugar del espacio interestelar, en representación esquemática de la nave espacial, que los descubridores del mensaje tienen «a mano»: La placa está unida a la nave

espacial. A partir de esto, yo más bien esperaría que pudiesen discutir hasta llegar a nuestros antepasados cazadores.

De la misma manera, las distancias relativas de los planetas al Sol mostradas mediante anotación binaria en la parte inferior de la placa indican que nosotros empleamos la aritmética de base 10. A juzgar por el hecho de que tenemos diez dedos en los pies y otros diez en las manos —dibujados con algún cuidado en la placa—, espero que cualquier ser extraterrestre podrá deducir que usamos el número 10 como base y que algunos de nosotros contamos con los dedos. Asimismo, y a juzgar por la rigidez de los dedos de nuestros pies, incluso pueden deducir que procedemos de antepasados arbóreos.

Hay otros aspectos mediante los cuales el mensaje ha demostrado ser una prueba psicológica proyectiva. Un hombre escribió sobre su preocupación de que el mensaje haya condenado a toda la Humanidad. Alegaba que las películas americanas sobre la Segunda Guerra Mundial muy probablemente hacen publicidad mediante la transmisión televisiva al espacio interestelar, y que, a juzgar por tales programas, los extraterrestres fácilmente podrán deducir: 1) que los nazis eran individuos perversos, y 2) que se saludaban mutuamente con la mano extendida hacia el frente. Repito que, a juzgar por la forma en que está dibujado el hombre de la placa que alza su mano derecha de la misma forma en que nuestro corresponsal cree que era el saludo nazi, el hombre se siente sumamente preocupado porque los extraterrestres supongan que el bando peor fue el que ganó la Segunda Guerra Mundial y que muy pronto enviarán a la Tierra una expedición de castigo para arreglar mejor las cosas.

Semejante carta, sin duda, describe mucho mejor el estado mental del que la escribe que el de los probables destinatarios del mensaje. La mano derecha, alzada en gesto de saludo, se halla históricamente relacionada con el militarismo, pero en forma negativa: Una mano alzada y vacía simboliza que no se lleva encima arma alguna.

Para mí, algunas de las más conmovedoras respuestas al mensaje son las obras de arte y poesía que motivó. El señor ’Aim Morhardt es pintor de acuarelas del desierto y sierras, que vive en Bishop, California, donde, quizá no por pura coincidencia, se encuentra situada la gigantesca estación de Goldstone del *Pioneer 10*. El poema del señor Morhardt decía:

PIONEER 10*: EL MENSAJERO DE ORO*

oroa del dragón que cruzó los mares del Norte,
cando la aventura con el clan guerrero;
galante sirena se inclina bajo la brisa
barcarolas y mercantes de esbelto casco;
los los descubridores de desconocidas tierras
an ido en esta alada edad donde permanece la nada
busca de extraños tesoros de alguna costa extranjera
ndonando la bien conocida tierra.

ra aparece el nuevo mascarón de proa del hombre
rentándose a la desconocida inmensidad
nudo, veloz como las estrellas, mucho más allá de la llamada de los años.
parejas, o como extraño solitario en el exterior
diminuto mensajero de tu propia raza,
ca, si puedes, en puerto de algún lugar lejano.

El señor Arvid F. Sponberg, de Belfast, Irlanda del Norte, escribió: «El viaje del *Pioneer 10* —y los viajes de otros como él— producirán un efecto que los poetas, pintores, y músicos no podrán ignorar por más tiempo. La existencia de la *idea del Pioneer 10* es prueba de esto. La misión científica, por supuesto, tiene valor e interés incalculables, pero la *idea* del viaje posee un valor imaginativo mucho mayor. El *Pioneer 10* nos acerca más al día en el que los artistas deben hacer frente al nuevo viaje del hombre como experiencia y no fantasía».

El señor Sponberg compuso para nosotros otro poema:

LA NUEVA ODISEA

os, a gran distancia, más allá, carente de vínculos,
carriado, errante, anhelante
astrado por las estrellas el ***Pioneer*** *pasa rápido*
tario en el exterior, a la deriva en el viento solar

hombre, una mujer, huérfanos de calor terrenal
spléndidos viajeros con velas de oro
omo gitanos vagando por viejos senderos estelares
a caravana en busca de anclaje celestial.

n la profundidad del frío espacio interestelar
unos ojos temerosos espían la vida de esta balsa
rcibirán el corazón que hay dentro de nuestro barco
os latidos señalan los ritmos de paz?

nuevo espíritu abre nuevas fronteras
ı Odisea es nuestro hogar; ¡Loor a los ***Pioneer****!*

Por supuesto, existe la posibilidad de que el mensaje fijado al *Pioneer 10* —inventado por seres humanos, pero dirigido a criaturas de clase muy diferente— pueda ser, después de todo, un misterio para ellas. Sin embargo, creemos que no. También creemos que el mensaje —excepto el del hombre y la mujer— está escrito en un idioma universal. Los extraterrestres no entenderán el inglés, el ruso, el chino o esperanto, pero deben compartir con nosotros la astronomía, física y matemáticas. Creo firmemente que entenderán, sin gran esfuerzo, este mensaje escrito en el idioma galáctico: «el científico».

Pero podemos equivocarnos. La revista de humor británica *Punch* realizó algo parecido a una encuesta de total «falta de comprensión», encuesta, por demás, sumamente divertida mediante un artículo que tituló: «Según el *Herald Tribune* (París), solamente uno de cada diez científicos de la NASA fue capaz de descifrar el mensaje. Así pues, ¿qué oportunidad les queda a los profanos o extraños?». *Punch* presenta una muestra de la opinión de cuatro representantes extraterrestres. Por supuesto, se refieren a la interpretación del verdadero mensaje:

> *Todavía debo poner de relieve que, en estos momentos, solo hacemos cábalas y que ninguno de nosotros ha explicado el significado de los puntos que hay a lo largo de la parte inferior. Se nos ha sugerido que bien podría tratarse del mapa de algún ferrocarril metropolitano, pero tenemos la impresión de que esto deja de tener en cuenta la probable posición marcada por la flecha de algún yate zozobrado o posiblemente la de una cizaña de huerto. Sin embargo, la inclusión de una rubia desnuda hace que sea más que probable que esto sea alguna especie de broma o chiste enviado por*

algún atrasado planeta, quizás el que usan los terrestres.

❝ *Hablando como araña extremadamente delgada que cuenta con catorce patas —dijo una voz desde la parte posterior de Andrómeda 8— he estudiado esta tarjeta de los terrestres y la considero como un desaire. La caricatura de nuestra especie es a la vez cruda y absurda, ya que entre otras cosas sugiere que tenemos una pata derecha más larga que todo el resto. Además, el ser geométrico que está en el fondo nos vuelve claramente la espalda y uno de los otros dos está señalando con cinco antenas en gesto francamente sórdido. Parece existir poca razón para dudar, al menos entre nosotras las arañas inteligentes, que esta cosa no es más que una declaración de guerra. La ilustración de la criatura que está en la derecha lanzando flechas desde el hombro es realmente siniestra, algo que presagia, sin duda alguna, una larga y amarga lucha con los terrestres.*

❝ *Sea lo que fuere —declaró el Ser— no ha recorrido todo este camino por nada. Sospecho que trata de decirnos algo. Supongamos, no hagamos más que suponer y esto en beneficio de una posible polémica, que esta cosa que tenemos ante nosotros no es una verdadera criatura en sí misma, sino más bien un artefacto de alguna clase. Tal teoría podría explicar, como principio, que hasta ahora no ha dicho una sola palabra. No, esta cosa fue enviada —probablemente desde algún primitivo mundo tridimensional— y yo diría que quiere ser un dibujo o código con algún mensaje para nosotros, los Seres. Por supuesto, lo que sea el mensaje depende de la manera en que se suponga pueda ser. Nada me sorprendería que fuese chabacano o grosero.*

❝ *¡Magnífico! —La cosa en Alfa Centauro estaba abrumada por el asombro—. ¡Verdaderamente*

> *magnífico! Que sepamos hasta ahora, esta es la primera vez que llega a nuestro planeta un trabajo original del antiguo terrestre Leonardo da Vinci. Nuestros telescopios muestran que el estilo es el suyo sin duda alguna. No obstante, el descubrimiento altera algunos de los datos que poseemos sobre la Tierra. Hasta ahora no se sabía que el clima era lo suficientemente cálido como para que los policías prestaran servicio en su mundo sin ninguna clase de ropas, ni que los principales miembros de los terrestres funcionaran mediante cuerdas. Esperamos que pronto nos envíen más tarjetas de saludo.*

Quizás el comentario editorial más comprensible es el del *Times* de Nueva York:

> *… esa placa bañada en oro constituye para nosotros algo más que un reto. A pesar de la misteriosa maestría o poder de las leyes divinas que permiten al hombre lanzar sus artefactos hacia las estrellas, todavía nos sentimos totalmente incapaces para ordenar nuestros sistemas aquí, en la Tierra. Aun cuando tratamos de hallar una manera de asegurar que el Homo sapiens no liquide su planeta entre llamas nucleares, se alza un coro de voces que nos dice que el hombre puede suprimir su tierra bien mediante el exceso de población, exigiendo demasiado a sus recursos naturales o mediante ambas cosas.*
>
> *Así, el artefacto lanzado al espacio es al mismo tiempo un guante de desafío lanzado a la Tierra: que la placa lleve en su tiempo el mensaje de que el hombre está todavía aquí, no que haya estado aquí.*

El mensaje que llevaba a bordo el *Pioneer 10* ha sido una auténtica diversión. Pero también ha sido algo más que eso. Es una especie de prueba cósmica Rorschach, en la cual muchas personas ven reflejadas sus esperanzas y temores, sus aspiraciones y derrotas, los más oscuros y los más luminosos aspectos del espíritu humano.

El envío de tal mensaje nos obliga a considerar cómo deseamos estar representados en una raciocinación cósmica. ¿Cuál es la imagen de la Humanidad que podríamos desear presentar a una civilización superior ubicada en cualquier punto de la Galaxia? La transmisión del mensaje del *Pioneer 10* nos estimula a consideramos a nosotros mismos desde una perspectiva cósmica.

En mi opinión, creo que el mayor significado de la placa del *Pioneer 10* no es precisamente el hecho de enviar un mensaje al exterior, sino más bien el de que se trata de un mensaje enviado a nosotros mismos.

CAPÍTULO 5

EXPERIMENTOS EN UTOPÍAS

AL VALORAR LA PROBABILIDAD de que existan avanzadas civilizaciones tecnológicas en cualquier punto de la Galaxia, nos encontramos con que el hecho o factor más importante es precisamente aquel sobre el cual menos sabemos: el tiempo de vida de tal civilización. Si las civilizaciones se destruyen a sí mismas rápidamente tras haber alcanzado la fase tecnológica, en cualquier momento dado (como ahora) pueden existir muy pocas con las cuales entrar en contacto. Si, por otra parte, una pequeña parte de esas civilizaciones saben vivir con armas de destrucción masiva y evitan tanto las catástrofes naturales como las autogeneradas, entonces puede llegar a ser muy grande el número de civilizaciones con las que poder comunicamos en cualquier momento.

Esta evaluación o, más bien, simple razonamiento, es precisamente el que hace nos preocupe el tiempo de vida de tales civilizaciones. Y, por supuesto, todavía hay una razón aún más poderosa. Debido a causas, esta vez de carácter personal, esperamos que el tiempo de vida de nuestra civilización sea largo.

Probablemente no hay ninguna época en la historia de la Humanidad que haya sufrido tantas variaciones y cambios como en la presente. Hace doscientos años se enviaba la información de una ciudad a otra empleando un medio no más rápido que el simple caballo. Hoy día, tal información se puede transmitir por teléfono, telégrafo, radio o televisión, a la velocidad de la luz. En doscientos años, la velocidad de comunicación ha aumentado mediante un factor de treinta millones. Creemos que no se producirá un correspondiente avance futuro, puesto que los mensajes no pueden enviarse con mayor rapidez que la velocidad de la luz.

Hace doscientos años se tardaba tanto en ir desde Liverpool a Londres como ahora se tarda en ir desde la Tierra a la Luna. Cambios muy parecidos se han dado en los recursos energéticos al alcance de nuestra civilización, en la cantidad de información que se almacena y procesa, en los métodos de producción de alimentos y su distribución, en la síntesis de nuevos materiales, en la concentración de población que se ha movido desde el campo a las

ciudades, en el enorme incremento de la población, en las mejoras de la práctica módica y en el enorme trastorno social.

Nuestros instintos y emociones son los mismos de nuestros antepasados y primitivos cazadores de hace un millón de años. Pero nuestra sociedad es asombrosamente diferente a la de hace un millón de años. En épocas de cambios lentos, los conocimientos y habilidades aprendidas por una generación son útiles, probadas y adaptadas, y se reciben gustosamente cuando se pasan a la generación siguiente. Pero en épocas como la actual, cuando la sociedad cambia extraordinariamente solo en el curso de una vida humana, los conocimientos paternales ya no tienen validez alguna para los jóvenes. El denominado abismo generacional no es más que una consecuencia del índice de cambio tecnológico y social.

Incluso en el transcurso de una vida humana el cambio es tan grande que muchas personas quedan aisladas de su propia sociedad. Margaret Mead ha descrito a los ancianos de hoy día como involuntarios inmigrantes del pasado al presente.

Los viejos supuestos económicos, los antiguos métodos de decisión en cuanto respecta a los líderes políticos, los vetustos métodos de distribución de recursos, los de comunicar información desde el Gobierno al pueblo —y viceversa—, todos pueden una vez haber sido válidos, útiles, o al menos adaptables, pero actualmente quizá ya no posean ningún valor de supervivencia en absoluto. Todas las viejas actitudes opresivas y chauvinistas entre razas, entre sexos, y entre grupos económicos están cambiando justificadamente. Está rasgándose la tela social que cubre al mundo.

Al mismo tiempo, hay intereses creados que se oponen al cambio. Incluyen a individuos que están en el poder y que tienen mucho que ganar a corto plazo manteniendo los antiguos métodos y formas de vida, aun cuando sus hijos tengan mucho que perder a largo plazo. Son individuos incapaces de cambiar de actitud en sus edades medianas, actitud que se les inculcó, naturalmente, cuando eran jóvenes.

Huellas humanas en la Luna. La fiesta ha terminado, y se han marchado los invitados. Las huellas dejadas por la tripulación del ***Apolo 15*** *durarán un millón de años. A lo lejos se ve el Monte Hadley.*

La situación es verdaderamente difícil. El índice de cambio no puede continuar indefinidamente. Como así lo indica el ejemplo de las comunicaciones, es preciso alcanzar un límite. No podemos comunicarnos a mayor velocidad que la luz. No podemos tener una población que sea superior a los recursos de la Tierra. Sea cuales fueren las soluciones que se logren, a partir de ahora transcurrirán centenares de años sin que la Tierra experimente grandes cambios y tensiones sociales. Habremos alcanzado alguna solución a nuestros problemas actuales. La pregunta es, ¿qué solución?

En el terreno científico, una situación tan complicada como esta resulta difícil de tratar teóricamente. No entendemos todos los factores que influyen sobre nuestra sociedad y, por tanto, no podemos hacer seguras predicciones sobre qué cambios son deseables. Hay demasiadas y complejas acciones recíprocas. A la Ecología se la ha llamado ciencia subversiva porque, cada vez que se hace un serio esfuerzo para conservar una característica del medio ambiente, se tropieza con enorme cantidad de intereses creados tanto sociales como económicos. Lo mismo se puede decir de cada vez que intentamos realizar cambios de importancia en algo que va mal; el cambio abarca a toda la sociedad en su conjunto. Es difícil aislar pequeños fragmentos de la sociedad y cambiarlos sin ejercer profunda influencia en el resto de la sociedad.

Cuando la teoría se hace imposible en la ciencia, entonces es preciso recurrir a la experimentación. El experimento es la piedra de toque de la ciencia sobre la que se asientan las teorías. El experimento es, explicado en otros términos, una especie de último tribunal de apelación. ¡Y lo que sin duda se necesita son sociedades experimentales!

Existe un buen precedente biológico para esta idea. En la evolución de la vida hay innumerables casos en los que un organismo era claramente

dominante, altamente especializado y perfectamente aclimatado a su medio ambiente. Pero el medio ambiente cambió y el organismo murió. Por esta razón, la Naturaleza emplea las mutaciones o variaciones bruscas. La mayor parte de estas mutaciones son deletéreas o mortales. Las especies que han variado son menos adaptables que los tipos normales. Pero una entre mil o de cada diez mil, posee ligeras ventajas sobre sus padres. Las mutaciones se multiplican y el organismo así variado se encuentra ya mejor adaptado que antes.

Creo que lo que estamos necesitando son los cambios o mutaciones sociales. Quizá debido a que la tradición de ciencia-ficción asegura que las mutaciones son feas y odiosas, sería mejor emplear otro término. Pero la mutación social —una variación en el sistema social que se puede multiplicar y que si funciona bien puede ser el camino hacia otro futuro— parece ser la mejor frase. Sería conveniente examinar por qué algunos de nosotros consideramos discutible esta frase.

Deberíamos estimular la experimentación social, económica y política, a gran escala, en todos los países. Sin embargo, al parecer, está ocurriendo lo contrario. En países como los Estados Unidos y la Unión Soviética, la política oficial consiste precisamente en desalentar la experimentación porque, desde luego, es impopular para la mayoría. La consecuencia práctica es una desaprobación fuertemente popular de los cambios que puedan ser extraordinarios. Los jóvenes idealistas urbanos inmersos en una cultura de la droga, con formas de vestir consideradas como grotescas según normas convencionales, y sin ningún conocimiento sobre agricultura, no es probable que obtengan el éxito en establecer utópicas comunidades agrícolas en el Sudoeste americano, incluso sin hostigamientos o persecuciones locales. Sin embargo, estas comunidades experimentales, en todo el mundo, han estado y están sujetas a la hostilidad y violencia de sus vecinos más convencionales. En algunos casos, los vigilantes se encolerizan porque, en el fondo, rechazan todo cuanto les ha inculcado la generación precedente con respecto a los convencionalismos.

Por tanto, no debe sorprendernos que fracasen las comunidades experimentales. Tropiezan siempre con enorme oposición. Solo se da un pequeño número de mutaciones. Pero la ventaja que tienen las mutaciones sociales sobre las mutaciones biológicas es que los individuos aprenden; los participantes en fracasados experimentos comunales pueden valorar las razones del fracaso y en posteriores experimentos tratar de evitar las causas del fracaso inicial.

No solo debieran contar con la aprobación popular tales experimentos, sino también con una ayuda gubernamental que los apoyara. Los voluntarios para dichos experimentos utópicos —al enfrentarse con situaciones muy extrañas y hasta peligrosas en beneficio de la sociedad— creo que han de considerarse como hombres y mujeres de gran valor, de un valor realmente ejemplar. Son como el rompehielos que se abre paso hacia el futuro. Un día surgirá una comunidad experimental que funcione mucho más eficazmente que la sociedad políglota, correosa, y llena de parches en que estamos viviendo. Entonces tendremos ante nosotros una alternativa viable.

No creo que haya nadie hoy día lo suficientemente sabio como para predecir cuál será el futuro de tal sociedad. Puede que haya muchas y diferentes alternativas para cada una de ellas, por supuesto, con más éxito que la penosa y triste variedad que actualmente vivimos.

Un problema íntimamente relacionado con este es que las sociedades no occidentales, subdesarrolladas, carentes de toda tecnología, viendo el poder y la gran riqueza material de Occidente, están haciendo enormes esfuerzos por imitarnos, abandonando así muchas antiguas tradiciones, y formas de vida realmente importantes. Hoy día sabemos muy bien que algunas de esas alternativas que se abandonan contienen elementos para las otras alternativas que buscamos. Debe haber alguna manera de conservar los elementos adaptables de nuestras sociedades —dolorosamente logradas a través de milenios de evolución sociológica—, mientras que, al mismo tiempo, es preciso aceptar la tecnología moderna. El problema principal y más inmediato es extender los logros tecnológicos a la vez que se mantiene la diversidad cultural.

Algunas veces se estima que la propia tecnología constituye un problema en sí. Yo sostengo que el error reside en el mal uso que hacen de la tecnología los líderes de las sociedades elegidos por métodos democráticos o, simplemente, a dedo, como hoy día se dice. Si tuviésemos que volver a primitivas tentativas agrícolas, como algunos sugieren, viéndonos obligados a abandonar la tecnología agrícola moderna, condenaríamos a muerte a centenares de millones de personas. El problema está en usar prudentemente la tecnología.

Por razones muy similares, la tecnología debe ser un factor principalísimo en sociedades planetarias más antiguas que la nuestra. Considero probable que esas sociedades que son infinitamente más sabias y benignas que la nuestra, sin embargo, gozan de una tecnología mucho más avanzada que la terrestre.

Nos encontramos en un momento de transición en la historia de la vida sobre la Tierra. No hay instantes más peligrosos, pero también es verdad que ni hubo ni hay momentos tan prometedores para el futuro de la vida en nuestro planeta.

CAPÍTULO 6

CHAUVINISMO

EN EL FONDO, los chistes son una forma más de luchar contra la ansiedad. Hay un tipo de chistes que se relaciona íntimamente con la vida extraterrestre. En uno de ellos, un visitante extraterrestre que llega a la Tierra se acerca a una bomba de gasolina o una máquina de vender chicle —el efecto depende de quién los cuente— y pregunta: «¿Qué es lo que está haciendo en un lugar como este una chica tan bonita como tú?».

En cualquier otra parte, los seres, sin duda alguna, serán muy diferentes a nosotros. Pero el chiste supone que los organismos extraterrestres serán, si no como los seres humanos, sí como bombas de gasolina o máquinas vendedoras de chicle. Lo más probable es que los seres extraterrestres no se parezcan en absoluto a cualquier organismo o máquinas que para nosotros resulten familiares. Los extraterrestres serán el producto de miles de millones de años de evolución biológica independiente, evolución lenta, paso a paso, y en cada uno de estos pasos se habrán dado una serie de pequeños accidentes de mutación, en planetas con medio ambientes muy distintos del que caracteriza a la Tierra.

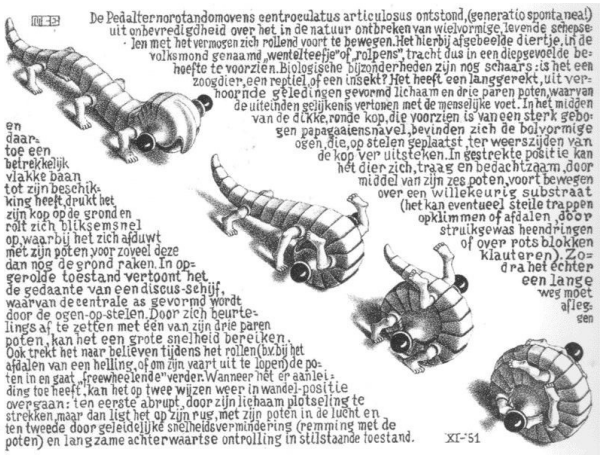
Pero estos chistes subrayan un problema general y una virtud también general al pensar o reflexionar sobre la vida en cualquier otro lugar. El problema es que tan solo tenemos para estudiar una sola clase de vida, la biología correlacionada del planeta Tierra, todos los organismos de los que se ha descendido a partir de un solo caso del origen de la vida. Para el biólogo tanto como para el profano, resulta difícil determinar qué propiedades de la vida en nuestro planeta son accidentes del proceso evolutivo y qué propiedades son características de la vida en todas partes. La suposición de que la vida en cualquier otro lugar ha de ser, de alguna forma principal, la misma que aquí es una fantasía, noción o presunción, que llamaré puro chauvinismo.

«Evidentemente, los habitantes de la Tierra son muy parecidos a nosotros los jupiterianos… Excepto en el hecho de que no usan ropa». (Comentario sobre el chauvinismo. Cortesía de Paul Conrad, «Times» de Los Ángeles).

A la vez que tal chauvinismo ha sido y es cosa común a través de toda la historia humana, de vez en cuando han surgido puntos de vista mucho más claros, como, por ejemplo, el del gran astrónomo francés Pierre Simon, marqués de Laplace. En su obra clásica *Le Mecanique Celeste* escribió: «La influencia (del Sol) provoca el nacimiento de animales y plantas que cubren la tierra, y la analogía nos induce a creer que produce efectos similares en los planetas; pues no es natural proponer o afirmar que este factor, cuya fecundidad vemos desarrollarse de varias formas, deba ser estéril sobre un planeta tan grande como Júpiter, que al igual que la Tierra, tiene sus días, sus noches y sus años, y en el cual la observación descubre cambios que indican la presencia de fuerzas muy activas. El hombre, formado para vivir a la temperatura que disfruta sobre la Tierra, no podría, según todo posible indicio, vivir en otros planetas, pero ¿es que no habrá cierta diversidad de organización adecuada a las diferentes temperaturas de los planetas de este universo? Si la diferencia de elementos y climas causa tal variedad en la producción de la Tierra, ¿cuán infinitamente diversificada debe ser la producción de los planetas y sus satélites?». Laplace escribía estas palabras a finales del siglo XVIII.

La virtud, o, más bien, la cualidad, de pensar en la vida de cualquier otra persona nos obliga a forzar nuestra imaginación. ¿Podemos pensar en soluciones alternativas a problemas biológicos ya resueltos de una forma particular en la Tierra? Por ejemplo, la rueda es una invención relativamente

reciente en el planeta Tierra. Parece haber sido inventada en el antiguo Oriente Próximo hace menos de diez mil años. De hecho, las avanzadas civilizaciones de América Central, los aztecas y los mayas, nunca emplearon la rueda a no ser en los juguetes de los niños. La Biología —el proceso evolutivo— nunca ha inventado la rueda, a pesar de que sus ventajas selectivas son manifiestas. ¿Por qué no ha de haber arañas rodadas o cabras o elefantes deslizándose sobre ruedas por las autopistas? La respuesta más evidente es que hasta hace muy poco tiempo no existían las autopistas. Las ruedas se emplearon y se emplean cuando se dispone de superficies adecuadas a ellas. Como el planeta Tierra es un lugar heterogéneo, «abollado», con pocas zonas llanas, no había ventaja alguna en desarrollar y perfeccionar la rueda. Podemos imaginar otro planeta con enormes superficies cubiertas de lava, superficies llanas, suaves, en las que los organismos rodados sean abundantes. El fallecido artista holandés M. C. Escher diseñó un organismo parecido a una salamandra que encajaría muy bien en semejante medio ambiente.



Wentelteefje. Por M. C. Escher[*]

La evolución de la vida en la Tierra es un producto de acontecimientos azarosos, mutaciones casuales y de etapas evolutivas en especies aisladas; las pequeñas y primeras diferencias en la evolución de la vida más tarde ejercen enorme influencia en la misma evolución. Si comenzásemos a formar la Tierra nuevamente y dejáramos que operasen solo los factores al azar, creo que no nos pareceríamos en absoluto a los seres humanos. Si esto es así, es mucho menos probable que los organismos que han evolucionado independientemente en un medio ambiente por completo distinto de otro planeta de una lejanísima estrella hayan de parecerse a los seres humanos.

Fotografía de la «Tierra llena», tomada desde el Apolo. (Cortesía de la NASA).

Así pues, las obras de ciencia-ficción que tratan del amor sexual entre un ser humano y un habitante de otro planeta ignoran, en el sentido más fundamental, las realidades biológicas. John Carter podía amar a Dejah Thoris, pero, a pesar de lo que creía Edgar Rice Burroughs, su amor no podía consumarse. Y aun cuando pudiera, no sería posible la descendencia. De la misma manera, la categoría de una historia de contacto sexual entre humanos y saucerianos, muy de moda en algunos entusiásticos círculos ovni, y descrito recientemente en una revista semanal con el modesto título «¡Hicimos el amor con una rubia de un platillo volante!» debe relegarse al reino de la improbable fantasía. Tales amores y «cruces» son tan razonables como el cruce entre un hombre y una petunia.

Una frase muy popular —aparece a menudo en los libros sobre los planetas— es «la vida, tal y como la conocemos». Leemos que la «vida tal y como la conocemos» es imposible en este o aquel planeta. Pero ¿qué es la vida tal y como la conocemos? Depende enteramente de quién sea el «nosotros». Una persona poco versada en Biología, que no pueda apreciar las numerosas adaptaciones y variedades de los organismos terrestres, tendrá una idea muy pobre acerca de la extensión y alcance de los posibles «hábitats» biológicos. Incluso hay discusiones entre famosos científicos que dan la impresión de que un medio ambiente que es incómodo para mi abuela es imposible para la vida.

En cierta época se pensó que se había detectado en la atmósfera de Marte óxido de nitrógeno. Se publicó un documento o comunicación científica sobre este supuesto hallazgo. Los autores de la comunicación alegaban que, por tanto, la vida era imposible en Marte porque los óxidos de nitrógeno son gases venenosos. Por lo menos, existen dos objeciones a este argumento. En

primer lugar, los óxidos de nitrógeno son gases tóxicos solo para algunos organismos de la Tierra. En segundo lugar, ¿qué cantidad de óxidos de nitrógeno se supone ha sido descubierta en Marte? Cuando calculé la cantidad, resultó que era inferior a la que como término medio flota sobre Los Ángeles. Los óxidos de nitrógeno son importantes componentes del «puré de guisantes». La vida en Los Ángeles puede ser difícil, pero aún no es imposible. La misma conclusión se puede aplicar a Marte. El problema final de estas observaciones particulares es que muy probablemente sean equivocadas. Por ejemplo, los últimos estudios y observaciones hechos por Tobias Owen y por mí con el Observatorio Astronómico Orbitante han demostrado que no existen óxidos de nitrógeno en Marte.

También es muy corriente el chauvinismo del oxígeno. Si un planeta carece de oxígeno, se dice que es inhabitable. Este punto de vista ignora el hecho de que la vida surgió en la Tierra bajo una total falta de oxígeno. De hecho, el chauvinismo del oxígeno, si se acepta, demuestra lógicamente que la vida en cualquier otro lugar es imposible. En principio, el oxígeno es un gas tóxico. Químicamente se combina con y destruye las moléculas orgánicas que componen la vida terrestre. Hay muchos organismos en la Tierra que no necesitan oxígeno y otros muchos que se intoxican con él.

Todos los primitivos organismos de la Tierra no usaron oxígeno molecular O_2. En un brillante conjunto de adaptaciones evolutivas, los organismos como insectos, ranas y peces, además de las personas, aprendieron no solo a sobrevivir en la presencia de este gas tóxico, sino a usarlo para aumentar la eficacia con la cual metabolizamos los alimentos. Pero esto no debe ocultarnos el carácter fundamentalmente tóxico de este gas. La ausencia de oxígeno en un lugar como Júpiter es, por tanto, un argumento difícil de mantener en contra de la vida en tales planetas.

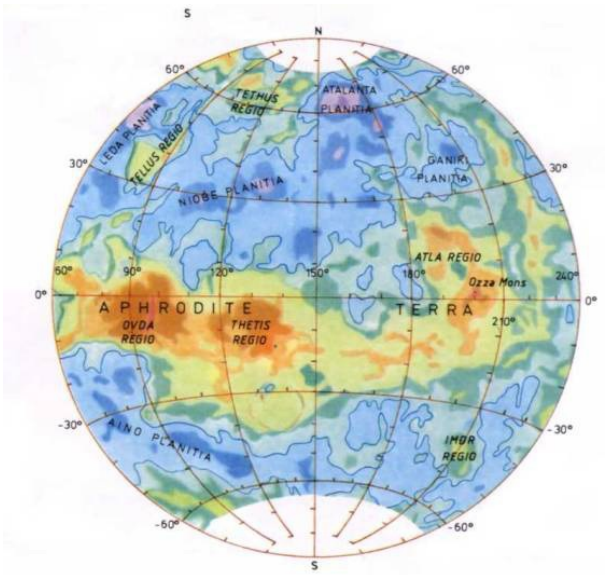
También hay chauvinistas en el terreno de la luz ultravioleta. A causa del oxígeno presente en la atmósfera terrestre, en las altas capas de la misma se produce una variedad de molécula de oxígeno llamada ozono (O_3), aproximadamente a unos 50 km sobre la superficie. Esta capa de ozono absorbe los rayos ultravioleta de longitud de onda media del Sol, impidiéndoles que alcancen la superficie de nuestro planeta. Estos rayos son germicidas. Se emiten mediante lámparas ultravioleta normalmente usadas para esterilizar instrumentos quirúrgicos. Los fuertes rayos ultravioleta del Sol constituyen un peligro sumamente grave para una gran proporción de formas de vida en la Tierra. Pero esto se debe a que la mayor parte de tales

formas de vida terrestre se desarrollan en ausencia de una elevada radiación ultravioleta.

Es fácil imaginar adaptaciones para proteger a los organismos contra la luz ultravioleta. De hecho, las quemaduras del sol y la melanodermia son adaptaciones en este sentido. No han ido muy lejos en la mayor parte de los organismos terrestres porque la actual radiación ultravioleta no es muy elevada. En un lugar como Marte donde hay poco ozono, la luz ultravioleta de su superficie es extremadamente intensa. Pero la superficie marciana cuenta con un material que absorbe intensamente la luz ultravioleta —como lo hacen la mayor parte del suelo y las rocas— y podemos imaginar fácilmente organismos vagando de acá para allá con pequeños escudos opacos antiultravioleta en sus espaldas: tortugas marcianas. O, quizás, organismos marcianos cargados con parasoles ultravioleta. Muchas moléculas orgánicas también podrían usarse en las capas exteriores de organismos extraterrestres para protegerlos contra la luz ultravioleta.

Otro chauvinismo: la temperatura. Se dice que las temperaturas sumamente bajas que reinan en planetas como Júpiter o Saturno, en el exterior del Sistema Solar, hacen allí imposible toda clase de vida, pero estas bajas temperaturas no se aplican a todas las zonas del planeta. Se refieren únicamente a las capas de nubes más exteriores, las capas que son accesibles a los telescopios infrarrojos que pueden medir temperaturas. Sin duda alguna, si pudiésemos instalar este telescopio en la vecindad de Júpiter orientándolo hacia la Tierra, deduciríamos que en la Tierra las temperaturas son muy bajas. Estaríamos registrando la temperatura de las nubes superiores y no las de la mucho más cálida superficie terrestre.

En la actualidad está firmemente establecido, tanto teóricamente como mediante la observación por radio de estos planetas, que, a medida que penetramos bajo las nubes visibles, las temperaturas van en aumento. Hay siempre una región en la atmósfera de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que goza de temperaturas realmente cómodas, de acuerdo con las normas terrestres en este sentido.



Mapa de la superficie de Venus, invisible para el ojo humano a causa de la atmósfera densa y cubierta de nubes del planeta. (Cortesía del Observatorio de Arecibo, Cornell University).

Pero ¿por qué es necesario tener temperaturas como estas en la Tierra, con objeto de que así prolifere la vida? Un ser humano se siente gravemente afectado si la temperatura de su cuerpo varía en 20° hacia arriba o hacia abajo. ¿Acaso ocurre esto porque vivimos por accidente en un planeta del Sistema Solar, cuya superficie mantiene una temperatura ideal en cuanto se refiere a la biología? Creo que este es el caso. Otras temperaturas, otras bioquímicas.

Nuestras moléculas biológicas se sitúan, por así decirlo, en complejas disposiciones tridimensionales. El funcionamiento de estas moléculas, en particular las enzimas, se desarrolla alterando esta disposición tridimensional. El grado de afinidad química que producen estas disposiciones debe ser suficientemente débil como para interrumpirse convenientemente a temperaturas terrestres y, al mismo tiempo, lo bastante sólido para no deshacerse por completo si se le deja solo durante cortos períodos de tiempo. Un enlace químico conocido como grado de afinidad del hidrógeno posee la adecuada energía intermedia entre estas alternativas inestables. El enlace de hidrógeno está íntimamente relacionado con la bioquímica tridimensional de los organismos terrestres.

En un planeta mucho más caluroso, como Venus, nuestras moléculas biológicas quedarían destrozadas. En un planeta mucho más frío, en el exterior del Sistema Solar, nuestras moléculas biológicas adoptarían un estado rígido y nuestras reacciones químicas no actuarían de ninguna forma útil. Sin embargo, es posible que unos enlaces mucho más fuertes en Venus y otros mucho más débiles en el exterior del Sistema Solar desempeñen el mismo

papel que representen en la Tierra los enlaces, o grado de afinidad, de hidrógeno. Probablemente nos hayamos mostrado demasiado tajantes en rechazar la vida a temperaturas muy diferentes de las que existen en nuestro planeta. No se conocen muchas reacciones químicas que se desarrollen con índices útiles a temperaturas muy bajas como las que podrían existir en Plutón de 9 a 40° sobre el cero absoluto[1]. Pero también hay muy pocos laboratorios químicos en la Tierra donde se hayan realizado experimentos a 34 o 40° sobre el cero absoluto. Con unas pocas excepciones, tales experimentos no se han realizado en ningún momento.

Así pues, nos hallamos a merced de la selección por observación. Examinamos solamente una pequeña fracción de la posible gama de casos debido a una inconsciente preferencia o predisposición, y entonces concluimos que todos los casos concebibles deben ajustarse a los que no han forzado nuestras preconcepciones.

Otro chauvinismo muy común —que dicho sea de paso comparto en cierta medida— es el del carbono. Un conocido chauvinista en este terreno mantiene que los sistemas biológicos de cualquier otro lugar del Universo estarán formados por compuestos de carbono, como la vida de nuestro planeta. Hay alternativas posibles: Los átomos como el silicio o el germanio pueden intervenir en algunas de las mismas clases de reacciones químicas que el carbono. También es cierto que se ha prestado más atención a la química orgánica del carbono que a la química orgánica del silicio o del germanio, en parte, principalmente, porque la mayoría de los bioquímicos que conocemos se dedican más al carbono que a la variedad del silicio o germanio. Sin embargo, y por lo que sabemos sobre las alternativas químicas en este sentido, parece evidente que —excepto en medios ambientes de temperaturas muy bajas— existe una variedad mucho más amplia de compuestos complejos que se pueden formar del carbono que de las otras alternativas[2].

Por añadidura, la abundancia cósmica de carbono excede a la del silicio, germanio u otras alternativas. En cualquiera otra parte del Universo, sobre todo en medios ambientes planetarios primitivos en los cuales se esté dando origen a la vida, hay simplemente más carbono que átomos alternativos para formar moléculas complejas. Por los experimentos de laboratorio en los que se simula la primitiva atmósfera de la Tierra o los actuales medios ambientes de Júpiter, así como también mediante los estudios radioastronómicos del medio interestelar, vemos existe una profusión de moléculas orgánicas simples y complejas producidas por una amplia variedad de fuentes de energía. Por ejemplo, en uno de nuestros experimentos el paso de una sola

onda de choque a alta presión a través de una mezcla de metano (CH_4), etano (C_2H_6), amoníaco (NH_3) y agua (H_2O) convirtió el 38 % del amoníaco en aminoácidos, cimientos de las proteínas. No se obtuvieron enormes cantidades de otras clases de moléculas orgánicas.

Así pues, los átomos y las moléculas simples de que estamos formados es probable que sean comunes a organismos de cualquier otro lugar del Universo. Pero la manera específica en que estas moléculas se juntan y las formas específicas y fisiológicas de los organismos extraterrestres pueden ser sumamente diferentes de lo que es corriente en nuestro planeta, a causa de sus diferentes historias evolutivas.

Al considerar cuáles han de ser las estrellas a estudiar y examinar buscando posibles señales de radio dirigidas a nosotros, usualmente se presta mucha atención a estrellas como nuestro Sol. Se ha alegado, con razón, que la búsqueda e investigaciones deben iniciarse con un tipo de estrella en la que sepamos hay vida, al menos en uno de sus planetas, repito que principalmente estrellas como nuestro conocido Sol. En el Proyecto Ozma, primer intento de búsqueda de señales de radio, las dos estrellas examinadas, Tau Ceti y Épsilon Eridani, eran ambas estrellas con masa, radio, edad y composición muy parecidas a nuestro Sol, que los astrónomos llamaron diminutas G-O. De hecho, eran las dos estrellas más cercanas y más parecidas al Sol.

Pero ¿hemos de limitar nuestra atención a estrellas parecidas al Sol? Creo que no. Estrellas con masa ligeramente menor y de luminosidad también inferior que la de nuestro Sol tienen existencia más antigua. Estas estrellas llamadas diminutas o «enanas» K y M pueden tener miles de millones de años más que el Sol. Si suponemos que cuanto más larga sea la vida de un planeta, más inteligentes serán los organismos que en él se han desarrollado, entonces debemos dirigir nuestra atención a las estrellas K y M y evitar el chauvinismo de la estrella G. Puede objetarse que los planetas de las estrellas K y M son mucho más fríos que la Tierra, y que la vida en ellos es muy poco probable. La premisa de esta objeción no parece ser muy válida. Tales planetas parecen estar más cerca de sus estrellas que los correspondientes planetas de nuestro Sistema Solar, y ya hemos hablado de la falsedad o falacia del chauvinismo de la temperatura. Por otra parte, también hay muchas más estrellas K y M que estrellas G.

¿Existe un chauvinismo planetario? La mayor parte de la vida surge y reside en planetas, ¿o acaso pudiera haber organismos que habitan en las profundidades del espacio interestelar, superficies o interiores de estrellas, o incluso otros objetos cósmicos incluso más exóticos?

Resulta muy difícil responder a estas preguntas dado nuestro actual estado de ignorancia. La densidad de la materia en el espacio interestelar es tan baja que allí, simplemente, un organismo no puede adquirir suficiente material para realizar una copia de sí mismo en cualquier período de tiempo razonable. Sin embargo, esto no es cierto en cuanto se refiere a las densas nubes interestelares, pero tales nubes viven durante cortos períodos de tiempo, condensándose para formar estrellas y planetas. En el proceso se calientan tanto que probablemente se destruye cualquier compuesto orgánico que contengan.

Podríamos imaginar organismos desarrollándose en planetas con atmósferas que lentamente vayan alejándose en el espacio, permitiendo que los organismos se vayan adaptando gradualmente a unas condiciones cada vez más duras, y, por último, aclimatándose a lo que, en efecto, es un medio ambiente interestelar. Los organismos que abandonan tales planetas —quizá mediante presión de radiación electromagnética, o por viento solar del sol local— podrían poblar el espacio interestelar, pero aun así tendrían que enfrentarse con insolubles problemas de mala nutrición.

Hay una especie diferente de organismo interestelar mucho más probable: seres inteligentes que nacen en planetas como nosotros, pero que han trasladado su campo de actividad al volumen mucho más vasto del espacio interestelar. Los seres, en nuestro lejano futuro tecnológico, deberán poseer capacidades que hoy día ni siquiera podemos imaginar. No puede dudarse que tales sociedades deberán dominar la materia y energía de las estrellas y galaxias con objeto de ponerlas a su servicio. Así como nosotros somos organismos que únicamente nos sentimos «en casa» cuando pisamos tierra, aunque hayamos evolucionado del mar, el Universo puede poblarse con sociedades que nazcan en planetas, pero que únicamente se sientan cómodos en las profundidades del espacio interestelar.

CAPÍTULO 7

LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO COMO EMPRESA HUMANA

I. El interés científico

Hay un lugar con cuatro soles en el cielo: rojo, blanco, azul, y amarillo; dos de ellos están tan cerca uno del otro que se tocan, y entre ellos se extienden las estrellas.

Conozco un mundo con un millón de lunas.

Conozco un sol que tiene el tamaño de la Tierra, un sol con diamantes.

Hay núcleos atómicos de 1600 m de ancho que giran treinta veces por segundo.

Hay diminutos granos entre las estrellas, con el tamaño y composición atómica de las bacterias.

Hay bacterias que abandonan la Vía Láctea. Hay inmensas nubes de gas que penetran en la Vía Láctea.

Hay plasmas turbulentos que se retuercen con poderosas explosiones estelares y con rayos X y gamma.

Hay, quizá, lugares fuera de nuestro universo.

El Universo es vasto y pavoroso y por vez primera estamos formando parte de él.

Los planetas ya no son luces que vagan por el firmamento nocturno. Durante siglos, el hombre vivió en un universo que parecía seguro y agradable, incluso limpio. La Tierra era el blanco de la creación y el hombre, el pináculo de la vida mortal. Pero estas nociones alentadoras y de arcaica belleza no soportaron la prueba del tiempo. Ahora sabemos que vivimos en un diminuto trozo de roca y metal, en un planeta más pequeño que algunas de las relativamente menores manchas de Júpiter, y algo que resulta casi insignificante cuando lo comparamos con una sencilla mancha del Sol.

*La primera fotografía de Fobos, tomada desde el **Mariner 9**, sin procesar por computadora.*

Nuestra estrella, el Sol, es pequeña, fresca y poco insinuante, uno de los doscientos mil millones de soles que forman la Vía Láctea. Estamos situados tan lejos del centro de la Vía Láctea, que la luz tarda unos 30 000 años en llegar a nosotros desde allí viajando a una velocidad de unos 300 000 km por segundo. Estamos en lo que podríamos llamar casi el borde de la galaxia donde no existe acción alguna. La Vía Láctea es totalmente insignificante, ya que no es más que una galaxia más entre miles de millones de otras galaxias esparcidas por la inmensidad aterradora del espacio.

«El mundo» ya no se puede traducir por «el universo». Vivimos en un mundo inmerso entre la inmensidad de otros.

Las ideas de Charles Darwin sobre la selección natural han demostrado que no hay senderos evolutivos que conduzcan infaliblemente desde las formas simples al hombre; más bien, la evolución procede de un modo convulsivo, sin un plan determinado, y la mayor parte de las formas de vida conducen a callejones sin salida en la evolución. Somos el producto de una larga serie de accidentes biológicos. En la perspectiva cósmica no hay razón alguna para pensar que seamos los primeros, los últimos o los mejores.

Estas concepciones de Copérnico y de Darwin son evidentemente muy profundas; para algunos, en cierta medida, inquietantes. Pero llevan consigo

ideas que podríamos calificar de compensatorias. Nos damos perfecta cuenta de nuestra conexión con otras formas de vida tanto simples como complejas. Sabemos que los átomos que nos forman fueron sintetizados en los interiores de generaciones anteriores de estrellas moribundas. No ignoramos tampoco nuestra íntima relación con el resto del universo, tanto en la forma como en la materia. El cosmos que nos han revelado los nuevos avances en astronomía y biología es mucho más grandioso y más pavoroso también que el diminuto mundo de nuestros antepasados. Y estamos formando parte de él, del cosmos tal y como es y no del cosmos de nuestros deseos.

Ahora mismo, la Humanidad se encuentra ante varias encrucijadas de carácter histórico. Nos hallamos en el umbral de un reconocimiento preliminar del cosmos. Por primera vez en la Historia, el hombre es capaz de enviar sus instrumentos y a si mismo, personalmente, fuera de su planeta-hogar para explorar el Universo que le rodea.

Pero la exploración del espacio se ha justificado, principalmente en términos de grandes consideraciones de prestigio nacional, tanto en los Estados Unidos como en la Unión Soviética; en términos de mejora de capacidades tecnológicas, en una época en la que muchas personas consideran el desarrollo de la tecnología como de desastrosas consecuencias; en términos de una falsa necesidad militar, en una época en la que la gente de todo el mundo lo que más desea es una total desmilitarización de la sociedad.

En estas circunstancias no resulta sorprendente que se hagan preguntas duras acerca de los gastos espaciales, cuando existen necesidades urgentes y visibles en cuanto se refiere a fondos para corregir injusticias y mejorar la sociedad y la calidad de la vida en la Tierra. Evidentemente, estas preguntas son idóneas. Si los científicos no pueden dar al hombre de la calle una explicación satisfactoria sobre los gastos en la exploración del espacio, no es lógico ni moral que se destinen fondos públicos a tales aventuras.

El interés de un científico por la exploración espacial probablemente obedezca a deseos muy personales, algo que le desorienta, algo que le intriga, algo que posee implicaciones que le excitan. Pero no podemos pedir al público que gaste grandes sumas solo para satisfacer la curiosidad del científico. Sin embargo, cuando profundizamos más en el interés profesional de un científico, a menudo hallamos un foco de preocupación que en gran parte llega a atraerse el interés público.

Un área fundamental de interés común es el problema de la perspectiva. La exploración del espacio nos permite ver a nuestro planeta y a nosotros mismos desde una nueva luz. Somos como lingüistas en una remota isla

donde solo se habla un único idioma. Podemos construir teorías generales sobre idiomas, pero no disponemos más que de un solo ejemplo para examinarlo. Es improbable que nuestra comprensión del idioma posea la generalidad que requiere una madura ciencia de lingüística humana.

Hay muchas ramas de la ciencia donde nuestro conocimiento es igualmente provincial y pueblerino, restringido a un simple y solo ejemplo entre una vasta multitud de posibles casos. Únicamente examinando el índice de casos asequibles en todas partes, se puede idear o proyectar una amplia ciencia general.

La ciencia que sin duda gana más con la exploración planetaria es la Biología. En un sentido muy fundamental, los biólogos tan solo han estado estudiando una forma de vida en la Tierra. A pesar de la manifiesta diversidad de formas de vida terrestre, son idénticas en el más profundo de los sentidos. Tanto los tiburones y las begonias como las bacterias y las ballenas usan ácidos nucleicos para almacenar y transmitir información hereditaria. Todos utilizan proteínas para catálisis y control. Todos los organismos de la Tierra, que sepamos, emplean el mismo código genético. La estructura transversal de la célula del espermatozoide humano es casi idéntica a la del cilio de paramecio. La clorofila, hemoglobina y las sustancias responsables de la coloración de muchos animales son esencialmente la misma molécula.

Es difícil escapar a la conclusión —que en cierto sentido está implícita en la selección natural de Darwin— de que la vida en la Tierra se ha desarrollado partiendo de un solo ejemplo de origen de la vida. Si esto es cierto, tiene bastante sentido el que el biólogo no pueda distinguir lo necesario de lo superfluo o eventual, es decir diferenciar aquellos aspectos de la vida que cualquier organismo en cualquier lugar del Universo debe poseer simplemente para estar vivo, de aquellos aspectos de la vida que son resultado de la tortuosa evolución debida a pequeñas adaptaciones oportunistas.

La producción de moléculas orgánicas simples (basadas en el carbono) en condiciones planetarias primitivas y simuladas es hoy día tema de activa investigación de laboratorio. Como ya hemos visto anteriormente, las moléculas de que estamos hechos se pueden producir con cierta facilidad, en ausencia de vida y en condiciones planetarias primitivas en general. Pero no es posible llevar a cabo experimentos de laboratorio ni siquiera sobre las primeras etapas de la evolución biológica: las escalas de tiempo son demasiado largas. Solo examinando sistemas de vida de otros lugares pueden determinar los biólogos cuáles son las demás posibilidades que existen.

Por esta razón, el descubrimiento de incluso un organismo extremadamente simple en Marte hubiese tenido profundo significado biológico. Por otra parte, si Marte está muerto, no cabe la menor duda de que se ha llevado a cabo un experimento natural en nuestro beneficio: dos planetas, en muchos aspectos parecidos, pero en uno se ha desatollado la vida y en el otro no. Comparando el planeta control con el experimental, puede descubrirse mucho sobre el origen de la vida. De la misma manera, la búsqueda de productos químicos orgánicos y prebiológicos en la Luna, Marte o Júpiter tiene una gran importancia para comprender los pasos que conducen al origen de la vida.

Como otro ejemplo de la perspectiva proporcionada por los estudios planetarios, consideremos la meteorología. Los problemas del flujo turbulento y la dinámica fluida figuran entre los más difíciles de la Física. Se han logrado algunos datos e ideas sobre el tiempo en la Tierra estudiando la posición de las corrientes de aire, examinando las fotografías de los satélites meteorológicos y la circulación de la atmósfera terrestre. Sin embargo, la teoría meteorológica para la Tierra es hoy día capaz de predecir fenómenos a largo plazo, pero únicamente sobre amplias áreas geográficas y circunscribiéndose a un corto plazo. Los estudios de laboratorio sobre la circulación atmosférica poseen alcance limitado; clásicamente se llevan a cabo en pilas de fregar platos transformadas.

Sería agradable realizar un experimento «Josué», impedir durante un rato que la Tierra girase. El cambio en la circulación proporcionaría conocimientos sobre el papel de la rotación de la Tierra en determinar la circulación (principalmente a través de las fuerzas Coriolis). Pero tal experimento es tecnológicamente muy difícil. Asimismo produce efectos secundarios poco deseables. Por otra parte, el planeta Venus, con aproximadamente la misma masa y radio que la Tierra, tiene un movimiento de rotación doscientas cuarenta veces menor. La atmósfera de Venus es mucho más densa que la de la Tierra. La Naturaleza, pues, ha dispuesto un experimento natural para los meteorólogos.

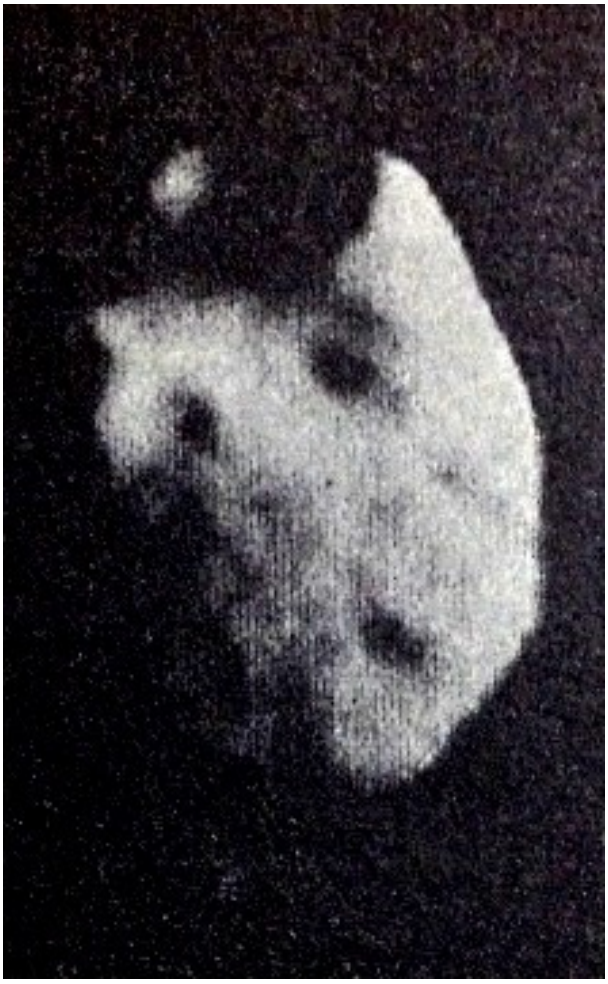
Júpiter gira aproximadamente cada diez horas sobre su eje; un enorme planeta que lo hace mucho más rápidamente que la Tierra. Los efectos de la rotación deben de ser mucho más importantes que sobre la Tierra, e indudablemente Júpiter da la impresión de poseer una atmósfera turbulenta y terriblemente agitada; sus fajas y cinturones atmosféricos ciertamente son una prueba de su rápida rotación. Una buena comprensión de la circulación de las

densas atmósferas de Venus y Júpiter mejorará, sin duda, nuestros conocimientos acerca de la circulación oceánica y atmosférica de la Tierra.

O fijémonos en el planeta Marte. He aquí un planeta con el mismo período de rotación y la misma inclinación de su eje de rotación a su plano orbital que la Tierra. Pero su atmósfera solamente alcanza al 1 % de la nuestra, carece de océanos y tampoco tiene agua líquida. Marte es un experimento de control sobre la influencia de los océanos y agua líquida en la circulación atmosférica.

Hasta hace muy poco tiempo, el geólogo solo se había limitado a un tipo de estudio: el de la Tierra. Era incapaz de decidir qué propiedades de la Tierra son fundamentales a todas las superficies planetarias y cuáles son peculiares a las circunstancias únicas de la Tierra. Por ejemplo, las observaciones sismográficas de los terremotos han revelado la estructura interior de la Tierra y su división en corteza, manto, centro de metal fluido y núcleo interior sólido. Pero la razón de esta división sigue siendo muy oscura. ¿En alguna época geológica exudó la Tierra su corteza partiendo del manto? ¿Cayó de los cielos durante algún temprano acontecimiento catastrófico? ¿Acaso el núcleo de la Tierra se formó gradualmente durante una época geológica mediante el hundimiento o penetración del hierro a través del manto? ¿O se formó de forma discontinua, quizás, en una Tierra en fusión en la época en que se originó nuestro planeta? Tales problemas se pueden examinar efectuando observaciones sismométricas sobre la superficie de otros planetas, y podrían resultar poco costosos si se realizaran automáticamente con los instrumentos de que disponemos hoy día.

Actualmente se dispone de pruebas convincentes de que existe un movimiento de deriva continental. El movimiento de África y América alejándose un continente de otro es el ejemplo más conocido hasta la fecha. Algunas teorías mencionan el hecho de que la fuerza de impulso de la deriva continental y de la evolución del interior de nuestro planeta se hallan correlacionadas, por ejemplo, mediante corrientes de difusión de calor que circulan lentamente entre el núcleo y la corteza en el manto. Tales conexiones entre geología de superficie y el interior de los planetas están empezando a destacar en el estudio de otros astros. Ponemos a prueba nuestra comprensión de tales relaciones demostrando si pueden aplicarse a otro lugar cualquiera.



La misma fotografía, pero ampliada por computadora y mostrando cráteres.

Las perspectivas que se han conseguido en esta clase de estudios proporcionan una amplia gama de consecuencias prácticas. Una generalización de la ciencia meteorológica puede conducir a grandes mejoras en el pronóstico del tiempo. Incluso podría conducir a la modificación del tiempo. El estudio de la atmósfera de Venus ya ha dado lugar a la teoría de que allí está teniendo lugar un efecto de «invernadero» tránsfuga, un equilibrio inestable en el cual un aumento de la temperatura provoca un aumento del contenido de vapor de agua atmosférico, que a su vez pasa por una absorción infrarroja de radiación térmica del planeta a un aumento todavía mayor de la temperatura de superficie, y así sucesivamente. Si la Tierra se hubiese iniciado ligeramente más cerca del Sol de lo que lo ha hecho, los cálculos teóricos preliminares indican que habríamos terminado por ser otro marchito y agostado Venus. Pero vivimos una época en la que la atmósfera de la Tierra está siendo fuertemente modificada por el hombre. Es de primordial importancia comprender lo que ha sucedido a Venus, con objeto de poder evitar una reproducción accidental en la Tierra del tránsfuga invernadero de Venus.

Los estudios de las superficies e interiores de los planetas pueden dar lugar realmente a beneficios prácticos en el pronóstico de terremotos así como, a largo plazo, en las prospecciones geológicas de minerales valiosos en la Tierra.

La revolución que en el plano biológico supondría el descubrimiento de vida natural en otros lugares también proporcionaría unas enormes posibilidades de insospechados beneficios prácticos, particularmente en lo concerniente a la investigación del cáncer y del envejecimiento, temas que en la actualidad están más limitados por las ideas que por los medios económicos.

El estudio de la materia altamente condensada en las estrellas neutrones y la fabulosa producción de energía en los centros de galaxias ya han conducido a sugerencias sobre posibles modificaciones de las leyes de la física, leyes que se deducen en la Tierra para explicar los fenómenos observados en la misma.

La exploración del espacio proporcionará, inevitablemente, un rico y enorme conjunto de beneficios prácticos. Pero la historia de la ciencia sugiere que el más importante de todos ellos será siempre inesperado, beneficios que, en la actualidad, aún no somos suficientemente aptos para pronosticar o anticipar.

II. El interés público

El interés científico directo por la exploración del espacio y las consecuencias prácticas que se pueden imaginar como resultado de tales exploraciones no son de interés general y, por supuesto, tampoco principal, para el hombre de la calle o para el profano en tales materias. Hoy día —cuando las antiguas creencias están declinando— hay una especie de hambre filosófica, o, más bien, diría yo, que una necesidad de saber quiénes somos y cómo hemos llegado aquí. Hay una búsqueda constante, a menudo inconsciente, de una perspectiva cósmica para la Humanidad. Esto se puede observar en innumerables formas, pero mucho más claramente en los campus de las Universidades. Aquí se hace evidente el enorme interés hacia una amplia gama de tópicos seudocientíficos o semicientíficos —astrología, estudio de ovnis, investigación de los trabajos de Immanuel Velikovski, e incluso estudio de algunos superhéroes de ciencia-ficción—, todo lo cual representa un intento, desde mi punto de vista, absolutamente infructuoso, de proporcionar perspectiva cósmica a la Humanidad. El profesor George Wald,

de Harvard, sin duda piensa en este anhelo de perspectiva cósmica, cuando escribe: «De cualquier modo que sea, tenemos que hallar nuestro camino de regreso a los valores humanos. Incluso diría que a la religión. Opino que no hay nada que sea sobrenatural. La Naturaleza es mi religión y con ella tengo bastante… lo que quiero decir es: Que necesitamos compartir unos puntos de vista mucho más amplios sobre el lugar del hombre en el Universo».

El libro más vendido en las comunidades de estudiantes, desde Cambridge, Massachusetts, hasta Berkeley, California, en los últimos años se tituló *Catálogo de toda la Tierra*, que se consideró como vía de acceso a los instrumentos para la creación de alternativas culturales. Lo que era sorprendente fue el número de trabajos publicados en el *Catálogo* que se relacionaban con perspectivas cósmicas científicas. Iban desde el *Atlas de Galaxias*, de Hubble, hasta banderas y pósteres de fotografías de la Tierra en su fase primitiva. El título de *Catálogo de toda la Tierra* se deriva del ansia de su fundador de ver una fotografía de nuestro planeta como conjunto. La edición de 1970 aumentó esta perspectiva mostrando una fotografía de toda la Vía Láctea.

Asimismo, hay una tendencia semejante tanto en el arte como en la música «*rock*»: *Cosmo's Factory*, por Creedence Clearwater Revival; *Starship*, por la Jefferson Airplane; *Mr. Spaceman* y *CTA 102*, por los Byrds; *Mr. Rocket Man*, de Elton John, y muchos otros.

Tal interés no queda limitado a los jóvenes. Existe en los Estados Unidos una tradición que apoya la afición pública a la astronomía. Las comunidades locales incluso han construido a su costa buenos observatorios cuyo personal también está pagado por los bolsillos de los ciudadanos, siempre sobre una base totalmente voluntaria. Varios millones de personas visitan *planetariums* cada año tanto en América como en Gran Bretaña.

El actual resurgimiento del interés por la ecología del planeta Tierra también está íntimamente relacionado con este anhelo de perspectiva cósmica. En un principio muchos de los dirigentes del movimiento ecológico en los Estados Unidos se sintieron estimulados a actuar a causa de las fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio, exquisitamente sensible a las depredaciones del hombre, una pradera en medio del cielo.

Como los resultados de la exploración espacial y sus nuevas perspectivas sobre la Tierra y sus habitantes calan profundamente en nuestra sociedad, deben, creo yo, tener consecuencias en la literatura y poesía, en las artes visuales y en la música. El distinguido físico americano Richard Freyman escribe: «No se hace ningún daño al misterio por saber un poco sobre él. Pues

muchísimo más maravillosa es la verdad que todo cuanto hayan podido imaginar los artistas del pasado. ¿Por qué los poetas actuales no hablan de ese misterio para nada? Los que son poetas, ¿podrían hablar de Júpiter si fuese un hombre, pero como es una inmensa esfera giratoria de metano y amoníaco deben guardar silencio?»[3].

Pero la simple exploración general todavía no provoca un decidido interés público por el espacio. Para muchos, las rocas que se han traído de la Luna constituyeron una enorme decepción. Se consideraron como simples rocas. El papel que hayan podido representar en la cronología de los días de creación del sistema Tierra-Luna aún no se ha explicado adecuadamente al público.

Donde el interés del público por el espacio parece mostrarse con mayor intensidad es en los terrenos de la cosmología y búsqueda de vida extraterrestre, tópicos que hacen sonar cuerdas importantes en una significativa fracción de la Humanidad. El hecho de que se dedique mucho más espacio en los periódicos a la muy fortuita hipótesis de la exobiología que a muchos de los más importantes resultados en otros campos, es, sin duda alguna, clara revelación del lugar adonde apunta el interés público. El descubrimiento de líneas de microondas interestelares de formaldehído y cianuro de hidrógeno ha sido descrito ampliamente en la Prensa como algo relacionado, a través de una larga serie de concatenaciones, con temas biológicos.

Aunque es verdad que el hombre de la calle, o la persona profana en tales materias, piensa en términos de diferentes variantes de seres humanos cuando se le pregunta que imagine la vida extraterrestre, también es verdad que el interés, incluso por los microbios marcianos, es mucho mayor que en otras áreas de la exploración espacial. La búsqueda de vida extraterrestre podría ser la clave del apoyo público a los experimentos espaciales, experimentos orientados tanto hacia el Sistema Solar como a mucho más allá de él.

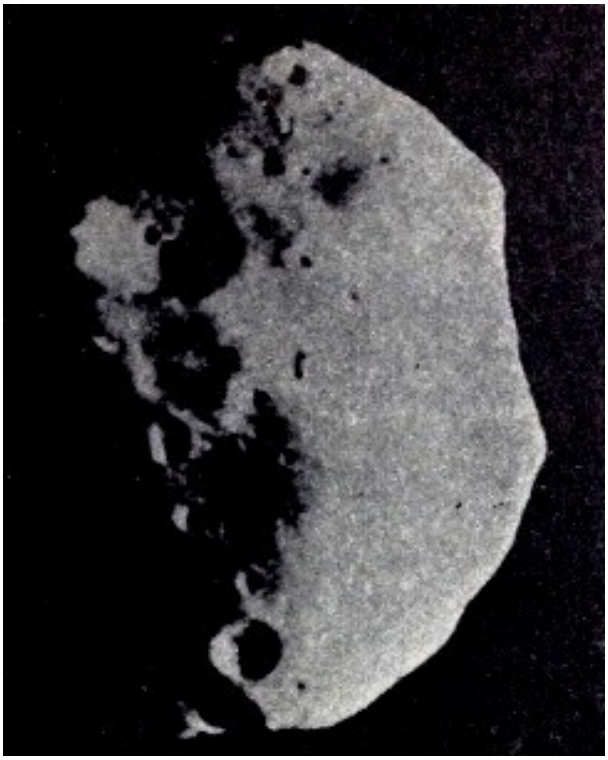
Hay muchos posibles puntos de vista sobre los costos actuales y de un futuro próximo en cuanto se refiere a la astronomía y ciencia espacial. Como los costes anuales de la astronomía constituyen solo un pequeño tanto por ciento de los presupuestos de todo el programa científico espacial, me limitaré a este último. Se acostumbra a comparar los gastos anuales de los Estados Unidos en el programa espacial con lo que emplea la nación en alcohol etílico, chicle o cosmética. Personalmente considero más útil comparar dichos costes con los del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Recurriendo a un informe de la General Accounting Office del Gobierno (*Times*, de Nueva York, 19 de julio de 1970), sabemos que el coste calculado

de antemano para que la misión «Vikingo» acabe felizmente en Marte, en 1976, asciende aproximadamente a la mitad del coste del llamado sistema de proyectiles antibalísticos *Safeguard* para el año fiscal de 1970. El coste de una exploración Grand Tour de todos los planetas del Sistema Solar exterior (cancelada por falta de fondos) es comparable al presupuesto de 1970 para el sistema *Minuteman III*; el coste de un enorme telescopio óptico en el espacio capaz de realizar estudios definitivos sobre los orígenes del Universo, se puede comparar al del *Minuteman II* para 1970; y un programa general sobre satélites que investiguen los recursos de la Tierra, programa que implicaría varios años de detallada inspección de la superficie y tiempo atmosférico de nuestro planeta, costaría aproximadamente lo mismo que el vehículo espacial *P-3C* para 1970. Un programa de una década de duración dedicado a la investigación sistemática de todo el Sistema Solar costaría tanto como los errores contables cometidos en un solo sistema de «defensa» y en un solo año. El programa espacial científico es pura calderilla en comparación con los *errores* cometidos en el presupuesto del Departamento de Defensa.

Otro punto de vista que es preciso considerar es la exploración espacial como entretenimiento. Un *Vikingo* podría ser financiado totalmente mediante la venta a cada americano de un solo ejemplar de una revista que contuviera fotografías tomadas en la superficie de Marte por el *Vikingo*. Las fotografías de la Tierra, la Luna, los planetas y galaxias en espiral e irregulares, son formas características del arte de nuestra época. Fotografías tan impresionantes como las del *Lunar Orbiter* del interior del cráter Copérnico y las enviadas por el *Mariner 9* de los volcanes marcianos, tormentas de viento, lunas y casquetes polares de hielo, inspiran a la vez asombro y sentido artístico. Cualquier vehículo mecánico, no manejado por el hombre, y enviado a Marte, podría ser financiado mediante un sistema de suscripción televisiva. Por otra parte, ¿quién duda de que un disco grabado con los, al parecer, extraños ruidos que se oyen en Marte no se vendería a escala mundial?

No deseo discutir aquí de si han de enviarse o no hombres al espacio para que realicen exploraciones planetarias, pero es posible que haya muy buenas razones no científicas para mandar seres humanos al espacio. Quizás haya casos intermedios entre exploraciones llevadas a cabo por el hombre y otras en las que falte el hombre, cosa que muy bien podríamos ver en las próximas décadas. Por ejemplo, es posible que se llegue a enviar ingenios a otro planeta tripulados por robots, pero controlados por un ser humano en órbita. También es probable que aquellos planetas con medios ambientes hostiles donde exista un gran peligro de contaminación por microorganismos terrestres sean

explorados por hombres metidos en grandes máquinas, máquinas especiales que amplíen la percepción sensorial y las capacidades musculares del operador humano.



Una imagen posterior, aunque mucho más detallada, de Fobos, que muestra su verdadera naturaleza.

Aparte de todos estos hipotéticos inventos, es evidente que el perfeccionamiento de dispositivos para llevar a cabo una exploración planetaria sin presencia humana precisará de la misma tecnología idónea a la fabricación de útiles robots en la Tierra. Un vehículo espacial que aterrice en Marte para el año 1980, probablemente será capaz de «sentir» su medio ambiente mucho mejor que lo puedan hacer los seres humanos; examinar cuidadosamente el paisaje, llevar a la práctica decisiones programadas, basadas en información adquirida *in situ*, etcétera. No cabe duda de que semejante robot y sus primos más cercanos, que se producirían en masa, serían sumamente útiles aquí, en la Tierra. Estoy pensando en este momento en aquellas operaciones que en la actualidad son de imposible realización, como, por ejemplo, la exploración y operaciones sobre los fondos submarinos abisales, pero también pienso en robots industriales que desempeñen tareas poco interesantes o monótonas en las empresas, así como robots domésticos que liberen al ama de casa de una vida de penoso trabajo.

La experiencia de la exploración espacial no nos proporciona una única filosofía, en cierta medida, cada grupo tiende a ver sus propios puntos de vista

filosóficos hechos realidad y no siempre mediante una auténtica lógica: Nikita Kruschev manifestó con mucho énfasis que durante el vuelo espacial de Yuri Gagarin no se habían descubierto ángeles u otros seres sobrenaturales; y en casi perfecta contrapartida, los astronautas del *Apolo 8* leyeron en la órbita lunar la cosmogonía babilónica guardada como reliquia en el capítulo del Génesis, como si intentaran asegurar a su público americano que la exploración de la Luna no se halla en contradicción con ninguna creencia religiosa. Pero es sorprendente cómo la exploración espacial conduce directamente a temas y problemas filosóficos y religiosos.

Creo que el control militar de los vuelos espaciales con presencia humana, que ya se practica en la Unión Soviética —y es tema de debate en los Estados Unidos— es un paso que deben apoyar todos los que se titulan defensores de la paz. Me temo mucho que las organizaciones militares de los Estados Unidos y de la Unión Soviética son organizaciones con formidables intereses creados en cuanto se refiere a la guerra. Están minuciosamente formadas e instruidas para la guerra; en tiempos de guerra se producen rápidos ascensos, aumentos en las pagas y oportunidades de demostrar un valor que en tiempos de paz no se dan. Es lógico que mientras existan gentes ansiosas de guerrear siempre será mucho mayor la probabilidad de que estalle intencionadamente o accidentalmente un conflicto. En virtud de su formación y temperamento, los militares, muy a menudo, no se sienten interesados por otros tipos de empleo u otra clase de inquietudes. Muy pocos son los demás medios de vida que posean los medios de poder y fuerza del jefe militar. Si «estalla» la paz, los cuerpos militares, con sus servicios que ya no son necesarios, se sienten profundamente desconcertados, como si alguien les hubiese derrotado. El Primer Ministro Kruschev una vez intentó dar trabajo a un gran número de oficiales y jefes del Ejército Rojo destinándoles a dirigir centrales eléctricas y otros establecimientos similares. Esto no les agradó en absoluto, y al cabo de un año la mayoría de ellos habían vuelto a sus cuarteles. De hecho, las organizaciones militares de los Estados Unidos y de la Unión Soviética deben sus empleos a sí mismos, a lo que podríamos llamar autogestión y, en consecuencia, es lógico que formen una alianza natural contra el resto de nosotros.

Al mismo tiempo, existen enormes industrias y fuerzas laborales dedicadas a la electrónica, química y fabricación de misiles que igualmente están ligadas a formidables intereses creados para mantener esta situación de preparación para la guerra. Desechando algunos tópicos que muchas personas califican de razonables en cuanto se refiere a este estado de cosas, yo

pregunto, ¿es que no hay alguna forma de que todo este enorme conjunto de intereses pudiera orientarse hacia actividades más pacíficas? La exploración espacial necesita exactamente esta combinación de talentos y capacidades. Precisa gran base técnica en tales terrenos, como el de la electrónica, tecnología de computadores, maquinaria de precisión y estructuras aeroespaciales. Requiere algo muy parecido a la organización militar para mantener a un gran número de empresas geográficamente dispersas dirigidas hacia un objetivo común.

La historia de la exploración de la superficie de la Tierra ha sido principalmente una historia militar, en parte porque es una aplicación idónea de las tradiciones militares de organización y valor personal. Son las restantes tradiciones militares las que para nosotros representan hoy día un peligro. Probablemente, la exploración del Sistema Solar sea una alternativa y empleo honorable para los intereses creados entre los militares y la industria. Puedo imaginar la transición hacia una disposición en la que una importante y significativa proporción de militares de carrera, tanto de los Estados Unidos como de la Unión Soviética, pueda dedicarse a la exploración espacial. Al menos, y en parte, debido a sus considerables capacidades hay un buen número de militares empleados por la Administración Espacial y Aeronáutica Nacional en actividades con poco o ningún significado militar. Y, por supuesto, la gran mayoría de los astronautas y cosmonautas han sido jefes militares. Todo esto puede ser bueno; cuanto más se entretengan allá arriba, menos se ocuparán aquí abajo.

A pesar de los muchos comunicados de la NASA a la Prensa, gran parte del programa espacial y casi toda su ciencia y programa de aplicaciones carecen de perspectivas a largo plazo. Por supuesto, comparten con la sociedad americana una comunidad de intereses humanos, filosóficos y exploratorios, incluso con estamentos sociales que están en completo desacuerdo. El coste de la exploración espacial parece muy modesto si se compara con sus potenciales recompensas.

III. El interés histórico

A la larga, el mayor significado de la exploración espacial es que alterará la historia de manera irreversible. Como ya hemos mencionado en el capítulo primero, el grupo con el cual el hombre se identifica se ha ido ampliando gradualmente durante la historia de la Humanidad. Hoy día, el volumen de la

población mundial tiene al menos una identificación personal principalísima con superestados nacionales. Aunque el progreso no haya sido suave, y existen ocasionales reversiones, se tiende claramente hacia una identificación de grupo con la Humanidad como conjunto. Los astronautas y cosmonautas han hecho declaraciones, profundamente sentidas, sobre la belleza y serenidad de la Tierra contemplada desde el espacio. Para muchos de ellos, un vuelo por el espacio fue una experiencia religiosa que cambió totalmente sus vidas. En las fotografías que desde el espacio se han hecho de la Tierra, no se distinguen fronteras nacionales. Como Arthur C. Clarke dijo en algún lugar, es difícil imaginar, incluso para el más ferviente de los nacionalistas, el hecho de no revisar de nuevo sus puntos de vista al ver cómo la Tierra se va alejando poco a poco hasta convertirse en un diminuto punto de luz perdido entre millones de estrellas.

La exploración espacial nos obliga a rectificar muchas cosas sobre el significado de nuestro diminuto planeta perdido en un universo enorme y desconocido. La búsqueda de vida en otros lugares seguramente provocará que la gente reflexione acerca de la singularidad del hombre: el sendero serpeante, inseguro, improbable y evolutivo que nos ha traído a donde estamos; y la improbabilidad de encontrar —incluso en un universo poblado por otras inteligencias— a alguien con forma muy parecida a la nuestra. En esta perspectiva, las similitudes entre los hombres se destacarán de forma abrumadora contra nuestras diferencias.

Hay un geocentrismo práctico en nuestra vida diaria. Todavía hablamos del Sol que sale y se pone, en lugar de hablar de una Tierra que gira. Todavía pensamos en un universo organizado para nuestro beneficio y poblado tan solo por nosotros. La exploración del espacio, en este sentido, nos hará ser un poco más humildes.

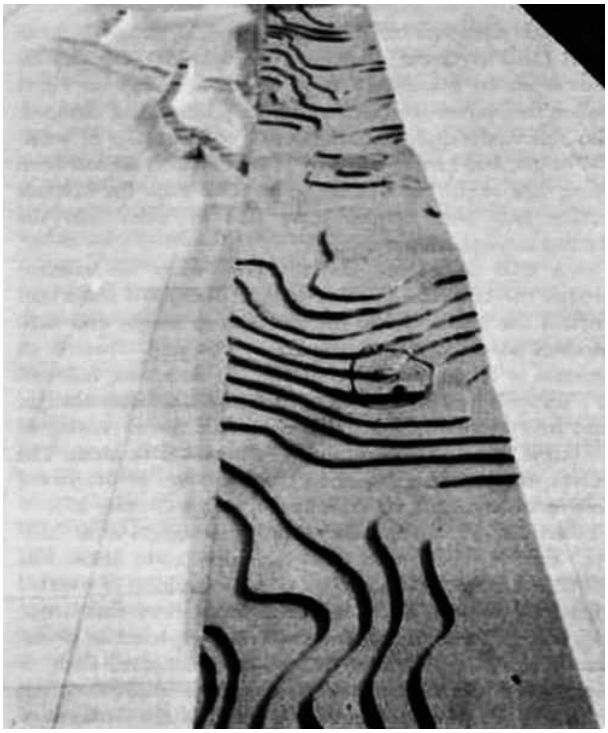
Harold Urey se ha referido, de manera perceptible, al programa espacial como una especie de construcción contemporánea de pirámides. Visto en el contexto del Egipto faraónico, la analogía parece ser particularmente idónea, ya que las pirámides fueron un intento de tratar los problemas de la cosmología y la inmortalidad. Desde una perspectiva histórica a largo plazo, esto es lo que precisamente será el programa espacial. Las huellas de pies dejadas por los astronautas en la Luna sobrevivirán un millón de años, y los diversos instrumentos y embalajes que allí quedaron pueden durar tanto como el Sol.

Por otra parte, las pirámides son monumentales y hoy día creemos que han sido inútiles esfuerzos para asegurar la supervivencia tras la muerte de un

hombre, el faraón. Quizás haya una mejor analogía en los zigurats, las torres dotadas de terrazas de los sumerios y babilonios, los lugares donde los dioses bajaban a la Tierra y la población como conjunto intervenía en la vida diaria. No cabe duda de que hay un poco de pirámide en los grandes cohetes que se envían al espacio, pero creo que su significado esencial, probablemente, sea el de unos zigurats contemporáneos.

Una sociedad inmersa en una relativamente modesta, pacífica e intelectualmente significativa exploración de cuanto le rodea, posee, sin duda alguna, posibilidades de alcanzar la grandeza. Es difícil demostrar esto que podríamos llamar eslabones causales, e, históricamente, no existe correlación alguna entre unos y otros. Pero resulta sorprendente el hecho de que las naciones y épocas caracterizadas por un gran florecimiento de la exploración, también están marcadas por un enorme desarrollo cultural. En parte, esto se debe al contacto con las cosas nuevas, con nuevas formas de vida y también con modernos caminos de pensamiento desconocidos para una cultura cerrada, con sus vastas energías introspectivas.

Hay ejemplos que pueden tomarse del bíblico Oriente Medio, de las Atenas de Pericles y de otras épocas, pero me siento más atraído, en este sentido, por la época de las exploraciones europeas y sus descubrimientos. Las lenguas vernáculas de Francia, Inglaterra y la Península Ibérica hallaron definitiva expresión literaria al mismo tiempo que se emprendían los primeros viajes trasatlánticos de descubrimientos. Rabelais y Montaigne, en Francia; Shakespeare, Milton y los traductores de la Biblia del rey Jaime en Inglaterra; Cervantes y Lope de Vega, en España; Camoens, en Portugal, todos datan de la misma época. A juzgar por los escritos de Francis Bacon, resulta evidente que el descubrimiento de nuevas partes del mundo tuvieron una profunda influencia sobre el pensamiento de aquellos tiempos. Este período contempló la invención de instrumentos tan fundamentales como el telescopio, el microscopio, el termómetro, el barómetro y el reloj de péndulo.



Mapa topográfico, basado en estudios de radar, de elevaciones y altitudes medias de Marte. (Laboratorio de Estudios Planetarios, Cornell University).

También fue en la época de Galileo (1564-1642), quien, aunque no residía en una de las nuevas naciones exploradoras —Holanda—, cuando se inventó el telescopio que él mejoró. Muchas de las obras de expresión gráfica de esta época —por ejemplo, las de Jerónimo Bosch y El Greco— reflejan el espíritu de cambio que caló en la época. Fue la era de la institución de la física moderna por Isaac Newton. Descartes, Hobbes y Spinoza —genios básicos de la historia de la filosofía— florecieron asimismo en tales momentos. El tiempo en que se desarrollaron las actividades y escritos de Leonardo da Vinci, Gilbert, Galileo y Bacon, también corresponde al origen del método experimental en la ciencia.

Un caso histórico, muy interesante en este sentido, nos lo proporciona Holanda, país que ha contribuido de modo notable a la cultura occidental con su aportación de individuos realmente geniales. Si hubo un período de florecimiento cultural en Holanda, fue el comprendido en la segunda mitad del siglo XVII. Los puertos españoles se hallaban cerrados y resultaban inaccesibles a la república holandesa a causa de la guerra entre Francia y España. Obligada a encontrar sus propias fuentes comerciales, Holanda fundó la «Dutch East» y «West India Companies». Se dedicó entonces una buena parte de los recursos nacionales a la inversión en Ultramar, y la consecuencia fue que Holanda se convirtió, por una sola vez en su historia, en una potencia mundial. A causa de ello, hoy día se habla holandés en Indonesia y varios

individuos de ascendencia holandesa alcanzaron la presidencia de los Estados Unidos. Mucho más importante es el hecho de que, durante el mismo período de tiempo, florecieran, en Holanda, Vermeer y Rembrandt, Spinoza y Van Leeuwenhoek. Era una sociedad estrechamente unida: Van Leeuwenhoek fue, de hecho, el albacea de los bienes de Vermeer. Holanda era la nación más liberal y menos autoritaria de Europa en aquella época.

En toda la historia de la Humanidad, únicamente habrá una sola generación que sea la primera en explorar el Sistema Solar, una generación para la cual, en la infancia, los planetas son discos claros y distantes que se mueven a través del cielo nocturno, y para que, en la vejez, los planetas sean lugares, diversos nuevos mundos en el curso de la exploración aún no acabada.

Habrá un momento en nuestra futura historia en el que se explorará y habitará el Sistema Solar. Tanto para esa generación que antes he mencionado como para todos los que vengan detrás de nosotros, el momento actual será importantísimo en la historia de la Humanidad. No hubo muchas generaciones a las que se les haya concedido una oportunidad tan importante como esta. La oportunidad es nuestra si no la dejamos perder. Aquí podríamos parafrasear a K. E. Tsiolkovski, fundador de la astronáutica: La Tierra es la cuna de la Humanidad, pero no podemos vivir para siempre en la cuna.

Una criatura humana, desde muy pequeña, comienza a adquirir madurez mediante los descubrimientos experimentales de que él no es todo el Universo. Lo mismo puede decirse de sociedades dedicadas a la exploración de todo cuanto las rodea. La perspectiva que debe provocar la exploración espacial puede acelerar la madurez de la Humanidad, una madurez que no puede llegar demasiado pronto.

SEGUNDA PARTE

EL SISTEMA SOLAR

Hubo una época —y muy reciente— en la que se consideró insensata la idea de la posibilidad de estudiar la composición de los cuerpos celestes, idea que también consideraban carente de sentido común incluso los pensadores y prominentes científicos. Ese tiempo, esa época, ya ha pasado. La idea de la posibilidad de estudiar el Universo, desde mucho más cerca, y más directamente, es algo que hoy día, creo yo, adquiere mayor primacía e importancia en las mentes de todos nuestros congéneres, e incluso en las de nuestros nuevos pensadores y prominentes científicos. Pisar el suelo de los asteroides, alzar con una mano una de las piedras de la Luna, moverse de acá para allá en estaciones situadas en el espacio y establecer círculos vivos alrededor de la Tierra, la Luna y el Sol, para observar a Marte desde una distancia de varias decenas de verstas, aterrizar en sus satélites e incluso en la superficie de Marte, ¡qué podría ser más fantástico! Sin embargo, solo con el advenimiento de vehículos a reacción será posible iniciar una nueva era en la Astronomía, la época de un cuidadoso estudio del cielo… El motivo primordial de mi vida es hacer algo útil para la gente… Esa es la razón de que me haya interesado por cosas que no dan pan ni fuerza. Aunque espero que mis estudios, quizá pronto o acaso en un futuro lejano, proporcionen a la sociedad montañas de grano y de poder ilimitado.

K. E. TSIOLKOVSKI, 1912

CAPÍTULO 8

SOBRE LA ENSEÑANZA DE PRIMER GRADO

UN AMIGO, alumno de primer grado, me pidió que hablara en su clase, cuyos miembros, según me aseguró, no sabían nada sobre astronomía, pero que ansiaban aprender. Con la aprobación del profesor, llegué a su escuela en Mill Valley, California, provisto de veinte o treinta diapositivas en color de objetos astronómicos: la Tierra vista desde el espacio, la Luna, los planetas, estrellas explosivas, nebulosas gaseosas, galaxias y demás, que creí podrían asombrar, intrigar y, probablemente, incluso, educar en cierta medida.

Pero antes de comenzar la proyección de diapositivas a todos aquellos rostros infantiles cuyos ojos brillaban ansiosamente, quise explicar que existe una gran diferencia entre establecer lo que la ciencia ha descubierto y el hecho de describir cómo los científicos lo averiguaron o descubrieron. Es fácil resumir las conclusiones. Es difícil relatar todos los errores, pistas falsas e ignoradas, dedicación, duro trabajo y penoso abandono de iniciales puntos de vista que forman parte del descubrimiento original de algo interesante.

Comencé diciendo: «Todos habéis oído decir que la Tierra es redonda. Todo el mundo *cree* que la Tierra es redonda. Pero *¿por qué* creemos que la Tierra es redonda? Alguno de vosotros, ¿puede pensar o imaginar alguna prueba de que la Tierra sea redonda?».

Durante la mayor parte de la historia de la Humanidad, siempre se sostuvo de manera reverente que la Tierra es llana, como resulta perfectamente evidente para alguien que haya estado en pie sobre un campo de trigo de Nebraska durante la época de la siembra. El concepto de una Tierra llana todavía predomina en nuestro lenguaje en frases como «los cuatro rincones de la Tierra». Creí que asombraría a mis pequeños alumnos eventuales y que luego les explicaría lo difícil que había resultado conseguir que todo el género humano entendiera la esfericidad de nuestro planeta. Sin embargo, había subestimado al primer grado de Mill Valley.

—Bien —preguntó un chico vestido con un «mono» de trabajo como el usado por los obreros del ferrocarril—, ¿qué hay de ese asunto de un barco que se aleja de uno y que la última cosa que de él se ve es el mástil, o como se llame eso que sostiene la vela? ¿No significa eso que el océano está curvado?

—¿Qué ocurre cuando hay un *eclipse* de Luna? Eso es cuando el Sol está detrás de nosotros y la sombra de la Tierra está sobre la Luna, ¿no es así? Bueno, yo vi un *eclipse*. Esa sombra era redonda y no recta. Así pues, la Tierra tiene que ser redonda.

—Hay mejores pruebas, pruebas mucho mejores —ofreció otro—. ¿Y ese individuo que navegó alrededor del mundo? Se llamaba Majello, ¿no? Pues no se puede viajar *alrededor* del mundo si este no es redondo, ¿no? Y la gente, hoy, navega alrededor del mundo y vuela alrededor del mundo todo el tiempo. ¿Cómo se puede volar alrededor del mundo si no es redondo?

—¡Eh, muchachos! —exclamó otro—. ¿No sabéis que hay fotografías de la Tierra? Los astronautas estuvieron en el espacio y tomaron fotos de la Tierra. Podéis mirarlas y veréis que todas son redondas. No tenéis por qué emplear todas esas razones. Podéis ver que la Tierra es redonda.

Y después, a modo de *coup de grâce*, una muchachita con delantal casero que recientemente había acudido a visitar el Museo de Ciencias de San Francisco en una excursión escolar, preguntó con tono de indiferencia:

—¿Y qué me decís del experimento del péndulo de Foucault?

Fue un muy serio y grave conferenciante el que siguió describiendo los hallazgos de la astronomía moderna. Estos niños no eran la prole de astrónomos profesionales, profesores de colegio, físicos, y demás. Evidentemente, eran niños normales de primer grado. Albergo la gran esperanza de que, si pueden sobrevivir a doce o veinte años de «educación» metódica, puedan darse prisa para crecer y comenzar a dirigir las cosas.

La astronomía no se enseña en las escuelas públicas, al menos en América. Con muy pocas excepciones, excepciones notables por supuesto, un estudiante puede pasar del primer grado al duodécimo sin haberse enfrentado para nada con los hallazgos o descubrimientos que nos dicen dónde estamos en el Universo, cómo llegamos aquí y a dónde iremos probablemente, y asimismo sin haberse enfrentado en absoluto con la perspectiva cósmica.

*Mosaico de cuatro fotografías, tomadas desde el **Mariner 9**, del mayor volcán conocido en el Sistema Solar, el Nix Olímpica, visto desde arriba. (Cortesía de la NASA).*

Los antiguos griegos consideraban la astronomía como uno de la media docena, o, así, de temas necesarios a la educación de los hombres libres. Encuentro que, en las charlas y discusiones que he sostenido con alumnos de primer grado, con comunidades *hippies*, con miembros del Congreso, y hasta con taxistas, existe una enorme reserva de interés y emoción por las cosas astronómicas. La mayor parte de los periódicos americanos publican cada día una columna dedicada a la astrología. ¿Cuántos periódicos o revistas hay que dediquen diariamente una columna a la astronomía o a la ciencia?

La astrología pretende describir una influencia que llene las vidas de las gentes. Pero es una farsa. Es la ciencia la que de verdad influye en las vidas de las personas, aunque en sentido directo ligeramente menor. La enorme popularidad de la ciencia-ficción y de películas como *2001: Una odisea espacial* son pruebas de este entusiasmo científico que está sin explotar. No cabe la menor duda de que tanto la ciencia como la tecnología gobiernan, controlan y moldean nuestras vidas, para bien y para mal. Deberíamos realizar un mayor esfuerzo por aprender algo sobre ellas.

CAPÍTULO 9

LOS LEGENDARIOS DIOSES DE LA ANTIGÜEDAD

LA CLASE DE PROBLEMAS científicos que me ocupan —el medio ambiente de otros planetas, el origen de la vida, la posibilidad de que haya vida en otros mundos— son de interés popular. Esto no es accidental. Creo que todos los seres humanos se sienten impresionados por estos problemas fundamentales, y opino que soy lo suficientemente afortunado como para vivir en una época en la que es posible llevar a cabo la investigación científica de estos problemas.

Un resultado de ese interés popular es que recibo gran cantidad de correo, cartas de todas clases, algunas muy agradables, como las de gente que escribió poemas y sonetos sobre la placa del *Pioneer 10*; algunas son de escolares que desean que les solucione sus deberes de la semana, otras de personas extrañas que me piden dinero prestado; algunas de individuos que desean que compruebe y examine al detalle sus planos sobre inventos que van desde armas que lanzan rayos especiales, naves espaciales, hasta máquinas de movimiento continuo. También hay cartas de personas que abogan por diversas disciplinas misteriosas, como la astrología, relatos de contactos con seres extraterrestres, ficción especulativa de Von Däniken, brujería, quiromancia, frenología, naipes de Tarot, meditación trascendental y experiencias psicodélicas. También, de vez en cuando, aparecen historias más tristes, como la de una mujer que recibió un mensaje verbal de los habitantes de Venus a través de la alcachofa de su ducha, o la de un hombre que intentó denunciar a la Comisión de Energía Atómica por seguir cada uno de sus movimientos con «rayos atómicos». Hay cierto número de personas que escriben diciendo que pueden recoger señales inteligentes extraterrestres de radio a través de los empastes de sus muelas, o solo concentrándose en debida forma.

Pero al cabo de varios años hay una carta que siempre recuerdo como la más mordaz y encantadora de esta clase. Llegó por correo ordinario. Se trata de una carta de ochenta y cinco folios escritos a mano con bolígrafo verde,

procedente de un caballero internado en un hospital psiquiátrico de Ottawa. Había leído un artículo en un periódico local en el que yo decía que creía posible existiese vida en otros planetas; el autor de la carta deseaba asegurarme que yo tenía toda la razón del mundo, dada su experiencia y conocimientos personales.

Para ayudarme a entender y penetrar en la fuente de sus conocimientos, pensó que me agradaría conocer algo de su historia personal, lo cual explica la enorme extensión de las ochenta y cinco páginas de la misiva. Cuando era todavía un hombre joven en Ottawa, próximo ya a estallar la Segunda Guerra Mundial, vio un cartel de reclutamiento militar de las Fuerzas Armadas norteamericanas: el clásico, el que se hizo tan famoso, el que mostraba a un sujeto señalando con un dedo al vientre de uno diciendo: «El Tío Sam te necesita». El hombre se sintió tan impresionado por el atractivo rostro del Tío Sam, que inmediatamente decidió conocerle. El hombre tomó un autobús para California, lugar que, en su opinión, debía ser el punto de residencia más plausible para el Tío Sam. Una vez en el centro de reclutamiento, preguntó dónde podría hallar al Tío Sam. Tras alguna confusión sobre apellidos, el hombre fue recibido con miradas muy poco agradables. Al cabo de varios días de entusiástica búsqueda, nadie, en California, pudo explicarle el paradero del Tío Sam.

Regresó a Ottawa profundamente deprimido tras haber fracasado en su empresa. Pero casi inmediatamente, como si se tratara de la cegadora luz de un *flash*, percibió la labor de su vida. Se trataba de hallar «los legendarios dioses de la Antigüedad», frase que aparece repetida muchas veces en la carta. El hombre tenía la interesante idea de que los dioses solamente sobreviven mientras disponen de adoradores. Entonces, ¿qué ocurre con los dioses en los que nadie cree, como, por ejemplo, los dioses de la antigua Grecia o Roma? Bien, concluía el hombre, quedan reducidos al estado de seres humanos corrientes, sin disfrutar para nada de los gajes y poderes de la divinidad. Tienen que trabajar para vivir, como todo el mundo. Por otra parte, el hombre creía que tales dioses debían mostrarse un tanto reservados acerca de sus desgraciadas circunstancias, pero que, a veces, se quejaban de tener que realizar labores serviles cuando en otro tiempo cenaban en el Olimpo. Razonaba que tales deidades retiradas debían ser internadas en establecimientos para dementes. Por tanto, el método más razonable de localizar a estos dioses sin túnicas era encarcelarse a sí mismo en la institución psiquiátrica de la localidad, cosa que no tardó en hacer.

Aunque podamos no estar muy de acuerdo con algunos puntos de su razonamiento, probablemente sí lo estaremos en que finalmente hizo lo mejor que podía hacer.

Mi informante decidió entonces que buscar a todos los legendarios dioses de la Antigüedad sería tarea realmente agotadora. Y así se fijó tan solo en unos pocos.

Júpiter, Mercurio, y en la diosa que aparece en el anverso del antiguo penique británico: probablemente la elección no fue muy idónea entre los dioses más interesantes, pero seguro que el trío era muy representativo. Ante su asombro (y ante el mío) encontró internados, en el mismo sanatorio en que él lo había hecho, a Júpiter, Mercurio y a la diosa del penique británico. Estos dioses admitieron inmediatamente su identidad y le contaron historias sobre los viejos tiempos en los que fluía libremente el néctar y la ambrosía.

Y, acto seguido, mi corresponsal alcanzó un éxito que sobrepasaba a todas sus esperanzas iniciales. Un día, junto a una fuente de cerezas, encontró a «Dios Todopoderoso» o, al menos, a alguien que se le parecía mucho, ya que lo cierto fue que el personaje que le ofreció las cerezas en aquel momento reconoció, modestamente, ser Dios Todopoderoso. Pues bien, el Dios Todopoderoso, por fortuna, tenía una pequeña nave espacial en los terrenos del sanatorio y se ofreció para llevar a mi informante a dar un paseo por el Sistema Solar, cosa que llevó a cabo en un abrir y cerrar de ojos.

Un sinuoso canal de Marte, probablemente trazado por un antiguo río. (Cortesía de la NASA).

«Y así, doctor Sagan, es como puedo asegurarle que los planetas están habitados».

La carta terminaba más o menos así: «Pero todo este asunto acerca de la vida en otros lugares se presta a mucha especulación y no vale la pena de que un científico como usted le preste un serio interés. ¿Por qué no orienta sus esfuerzos a solucionar un problema realmente importante como la construcción de un ferrocarril transcanadiense en latitudes muy al Norte?». Y a continuación aparecía un detallado plano sobre la ruta que debía seguir tal ferrocarril, más la expresión de sus buenos deseos hacia mi persona.

Por supuesto, a parte de no pensar en trabajar sobre un ferrocarril transcanadiense en rutas de semejante latitud, la verdad es que nunca pude pensar en dar una respuesta adecuada a esta carta.

CAPÍTULO 10

LA HISTORIA DETECTIVESCA DE VENUS

UNA DE LAS RAZONES por las cuales en nuestros días la astronomía planetaria se ha convertido en una auténtica delicia, es que resulta posible averiguar lo que es realmente correcto o exacto. En otras épocas, uno podía intuir o pronosticar a su gusto sobre un medio ambiente planetario, por muy improbables que fuesen tales cálculos, con la seguridad de que nadie iba a demostrar que se estaba equivocado. Hoy día, las naves espaciales u otros ingenios similares, cuelgan como espadas de Damocles sobre cada hipótesis emitida por los teóricos planetarios, y se puede observar a los teóricos en curiosa amalgama de esperanzas y temores cada vez que nos llega a la Tierra nueva información proporcionada por los ingenios espaciales.

Antiguamente, cuando los astrónomos disponían de telescopios, ojos, y muy poco más para prestar ayuda a sus observaciones, Venus era un mundo hermano. A últimos del siglo XIX, se supo que Venus tenía aproximadamente la misma masa y radio que la Tierra. Venus es el planeta más cercano a la Tierra, y era natural que se pensara en él como algo muy parecido o igual a la Tierra, al menos en ciertos aspectos.

Immanuel Kant imaginó una raza de seres tiernos y apasionados, casi humanos, que vivirían en Venus. Emmanuel Swedenborg y Annie Besant, fundadora de la teosofía, fundó —por métodos descritos como viajes espirituales y proyección astral— criaturas muy parecidas a los seres humanos situándolas en Venus. En años más recientes, algunos de los relatos más audaces relacionados con los platillos volantes —por ejemplo, los de George Adamski— poblaron Venus con una raza de seres poderosos y benignos, muchos de los cuales aparecen con largos cabellos y también con largos vestidos blancos, claro simbolismo, en la pre-América de 1963, de una intención profundamente espiritual. Hay una larga historia de ávidos caminos de pensamiento, especulación meditativa y fraude consciente o inconsciente, que produjo expectación popular sobre el hecho de que nuestro más cercano vecino planetario esté habitado por seres humanos, más bien parecidos a nosotros, o que sea un lugar habitable para los terrícolas.

Por tanto, se produjo considerable sorpresa y yo diría que incluso molestia, cuando finalmente se recibieron las primeras observaciones de radio sobre Venus. Estas mediciones llevadas a cabo por C. H. Mayer y sus colegas, en 1956, en el Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos, descubrieron que Venus era una fuente de emisión de radio mucho más intensa de lo que se había supuesto. A juzgar por la distancia que hay desde Venus al Sol y la cantidad de luz solar que devuelve al espacio, el planeta debía ser frío o fresco. Como Venus devuelve en su reflejo tanta luz al espacio, su temperatura debía ser incluso inferior a la de la Tierra, a pesar de su proximidad al Sol. El grupo de Mayer halló que Venus, en una longitud de onda de radio de 3 cm, proporcionaba tanta radiación como si fuera un cuerpo caliente a una temperatura de unos 283 °C. Posteriores observaciones realizadas con numerosos radiotelescopios a muchas y diferentes frecuencias de radio confirmaron la conclusión general de que Venus poseía una «temperatura brillante» de entre los 283 °C y los 377 °C aproximadamente.

Sin embargo, hubo una gran renuencia en la comunidad científica a creer que la emisión de radio procedía de la superficie de Venus. Un objeto caliente emite radiación en muchas longitudes de onda. ¿Por qué Venus solo parecía caliente en longitudes de onda de radio? ¿Cómo podía mantenerse tan caliente la superficie de Venus? Y, finalmente —puesto que los factores psicológicos pueden ser dominantes, consciente o inconscientemente, incluso en la ciencia —, un planeta Venus caliente, mucho más caliente que un horno casero, era perspectiva menos agradable que el Venus poblado por seres graciosos con inclinaciones amorosas o espirituales, siguiendo la larga tradición desde Kant hasta Adamski.

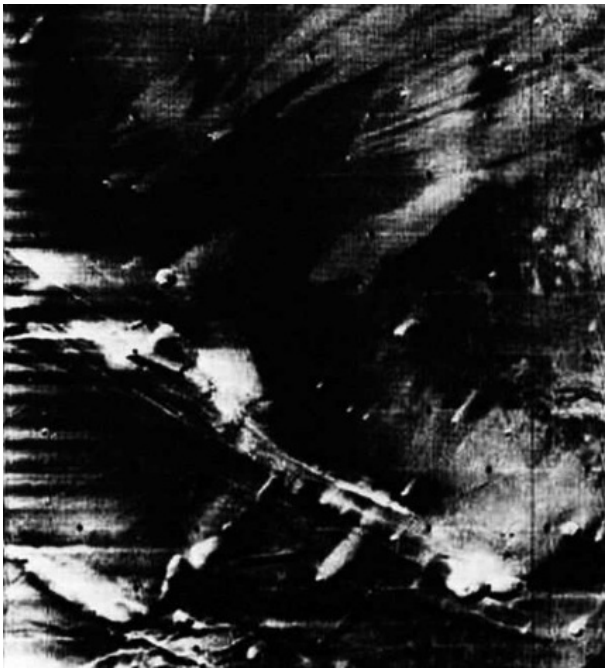
Este problema del origen de la emisión de radio de Venus fue parte principal de mi tesis doctoral. Escribí unos veinte documentos científicos sobre el tema entre 1961 y 1968, cuando finalmente el problema se consideró solucionado. Miro hacia atrás y contemplo con placer este período de tiempo. La historia de radio de Venus es muy similar a un relato detectivesco en cuyas páginas hay gran cantidad de posibles pistas. Algunas son vitales para la solución; otras son falsas y conducen a una dirección errónea. Algunas veces puede deducirse la verdadera respuesta teniendo en cuenta todos los hechos principales y recurriendo a un razonamiento plausible y lógico.

Había varias cosas que ya conocíamos acerca de Venus. Sabíamos cómo variaba con la radiofrecuencia la «temperatura brillante». Sabíamos cómo Venus reflejaba sobre la Tierra ondas de radio enviadas mediante grandes telescopios con radar. La primera prueba con éxito del hombre —el *Mariner 2*

de los Estados Unidos— descubrió, en 1962, que Venus era más brillante en longitudes de onda de radio en su parte central que en sus bordes.

Había varias teorías en contra de tales observaciones. Podían agruparse en dos categorías generales: El modelo de superficie caliente, en el cual la emisión de radio procedía de la superficie sólida del planeta, y el modelo de superficie fría, en el cual dicha emisión provenía de cualquier otro lugar, desde una capa ionizada en la atmósfera venusina, de descargas eléctricas entre gotitas en las nubes de Venus, o de un hipotético gran cinturón de partículas cargadas eléctricamente que se movía con suma rapidez alrededor de Venus (como las que, de hecho, rodean a la Tierra y a Júpiter). Estas últimas hipótesis permitían que la superficie se mantuviera fría, situando la intensa emisión de radio sobre la superficie. Si deseábamos la presencia de buques en Venus, entonces nos convertíamos en defensores del modelo de superficie fría.

Si comparamos sistemáticamente los modelos de superficie fría con las observaciones hechas, hallamos que todos tropezaban con graves dificultades. El modelo o hipótesis en el cual la emisión de radio procedía de la ionosfera, por ejemplo, pronosticaba que Venus no debía reflejar, en absoluto, ondas de radio. Pero los telescopios-radar habían descubierto ondas de radio reflejadas desde Venus con una eficiencia del 10 o 20 %. Para obviar tales dificultades, los que abogaban por el modelo ionosférico construyeron hipótesis muy sofisticadas en las que existían muchas capas ionizadas con orificios especiales en ellas para permitir el paso del radar a través de la ionosfera, tocar la superficie de Venus y regresar a la Tierra. Al mismo tiempo, no podían existir demasiados orificios, ya que de ser así la emisión de radio no sería tan intensa como se observaba. Estos modelos me parecieron excesivamente detallados y arbitrarios en sus circunstancias.



*Fotografía tomada por el **Mariner 9**: Franjas de viento que emanan de los cráteres de impacto. (Cortesía de la NASA).*

Poco antes de las notables observaciones de 1968 hechas por una nave espacial, acerca de Venus, entregué un documento a *Nature*, revista científica británica, en el cual resumía estas conclusiones y deducía que solo el modelo o hipótesis de la superficie caliente era el que mejor se ajustaba a todas las pruebas. Antes de esto, ya había propuesto una teoría específica, en términos del efecto llamado «invernadero», para explicar cómo la superficie de Venus podía registrar tan elevadas temperaturas. Pero mis conclusiones en contra de los modelos de superficie fría, en 1968, no dependían de la validez de la explicación «invernadero»: sucedía que una superficie caliente explicaba los datos y una superficie fría no. A causa de mi interés por la exobiología, hubiese preferido un Venus habitable, pero los hechos me condujeron a otra parte. En un trabajo publicado en 1962, yo concluía, por pruebas indirectas, que el promedio de la temperatura en la superficie en Venus era, aproximadamente, de 377 °C y el promedio de la presión atmosférica en la superficie era unas cincuenta veces mayor que en la de la Tierra.

En 1968, una nave espacial americana, el *Mariner 5*, voló cerca de Venus, y una nave espacial soviética, el *Venera 4*, penetró en su atmósfera. En 1974, ya habían entrado en la atmósfera de Venus cinco cápsulas soviéticas con instrumentos. Las tres últimas descendieron sobre el planeta y enviaron datos de la superficie del planeta. Eran los primeros artificios de la Humanidad que se posaban en la superficie de otro planeta. El promedio de la temperatura de Venus era aproximadamente de 425 °C; el promedio de presión en la

superficie era de aproximadamente noventa atmósferas. Mis conclusiones iniciales eran bastante correctas, aun cuando un tanto conservadoras.

Es interesante, ahora que conocemos por mediciones directas las verdaderas condiciones de Venus, leer algunas de las críticas hechas al modelo de superficie caliente que se publicaron en la década de los sesenta. Un año después de haber recibido el título de doctor en Filosofía, hubo un famoso astrónomo planetario que me hizo una apuesta de diez contra uno, asegurando que la presión sobre la superficie de Venus no era diez veces superior a la de la Tierra. Gustosamente entregué mis diez dólares contra sus ciento, y he de confesar en honor suyo que me pagó los cien dólares, cuando tuvimos en la mano los resultados de las observaciones hechas en los aterrizajes soviéticos.

La teoría y los artificios espaciales obran recíprocamente en otras formas. Por ejemplo, el *Venera 4* radió su última temperatura, o, mejor dicho, su último punto de presión-temperatura a 212 °C y veinte atmósferas. Los científicos soviéticos concluyeron que estas eran las condiciones de la superficie de Venus. Pero los datos de radio ya habían demostrado que la temperatura de la superficie tenía que ser mucho más elevada. Combinando el radar con los datos del *Mariner 5*, supimos que la superficie de Venus se hallaba mucho más abajo de donde los científicos soviéticos habían concluido que el *Venera 4* se había posado. Ahora parece demostrado que tos diseñadores de la primera nave espacial *Venera*, creyendo que eran reales los modelos de superficie fría de los teóricos, construyeron una nave espacial relativamente frágil que quedó aplastada por el peso de la atmósfera de Venus muy por encima de la superficie, lo mismo que un submarino no construido para grandes profundidades resultaría aplastado en el fondo del océano.

En la reunión de COSPAR, celebrada en Tokio en 1968**[4]**, yo emití la opinión de que la nave espacial *Venera 4* había dejado de funcionar a unos 30 km de altura sobre la superficie. Mi colega el profesor A. D. Kuzmin, del Instituto Físico Lebedev de Moscú, alegó que la nave había aterrizado en la superficie. Cuando le rebatí que los datos del radar y la radio no situaban la superficie a la altura deducida para el aterrizaje del *Venera 4*, el doctor Kuzmin respondió que el *Venera 4* había tocado la cima de una alta montaña. Acto seguido, repliqué que los estudios de radar realizados en Venus mostraban montañas con una altura máxima de 2000 m y que, en consecuencia, era improbable que el *Venera 4* hubiese aterrizado sobre una montaña de 30 000 m de altura en Venus, aunque pudiera existir semejante montaña. El profesor Kuzmin me contestó preguntándome qué opinaba sobre

la probabilidad de que la primera bomba alemana lanzada sobre Leningrado, en la Segunda Guerra Mundial, hubiese liquidado al único elefante que había en el parque zoológico de la ciudad. Admití que la posibilidad era muy pequeña, sin duda alguna. El profesor respondió triunfalmente con la información de que este había sido, en realidad, el destino del elefante de Leningrado.

Los diseñadores de las siguientes naves espaciales soviéticas, a pesar del caso del zoológico de Leningrado, tuvieron sumo cuidado en aumentar la fuerza material de las naves espaciales para sucesivas misiones. El *Venera 7* pudo soportar presiones ciento ochenta veces superiores a las que reinan en la superficie de la Tierra, margen adecuado para las reales condiciones de la superficie de Venus durante veinte minutos antes de quedar abrasada. El *Venera 8*, en 1972, transmitió durante cuarenta minutos. La presión de la superficie no es de veinte atmósferas y el espectacular monte Kuzmin no existe.

La principal conclusión acerca del método científico que saqué de esta historia es la siguiente: Aunque la teoría es útil en los proyectos o diseños de experimentos, solo las experiencias directas convencerán a cualquiera. Basándose únicamente en mis conclusiones indirectas, hoy día habría mucha gente que no creería en un planeta Venus caliente. Como resultado de las observaciones del *Venera*, todo el mundo acepta las terribles presiones de Venus, calor fantástico, escasa iluminación y extraños efectos ópticos.

El hecho de que nuestro planeta hermano sea tan diferente a la Tierra es problema científico de primer orden, y los estudios de Venus son de sumo interés para comprender la más temprana historia de la Tierra. Por añadidura, ayuda a calibrar la seguridad de la proyección astral y viaje espiritual popularizados por Emmanuel Swedenborg, Annie Besant, e innumerables imitadores actuales, ninguno de los cuales captaron detalle alguno de la verdadera naturaleza de Venus.

CAPÍTULO 11

VENUS ES EL INFIERNO

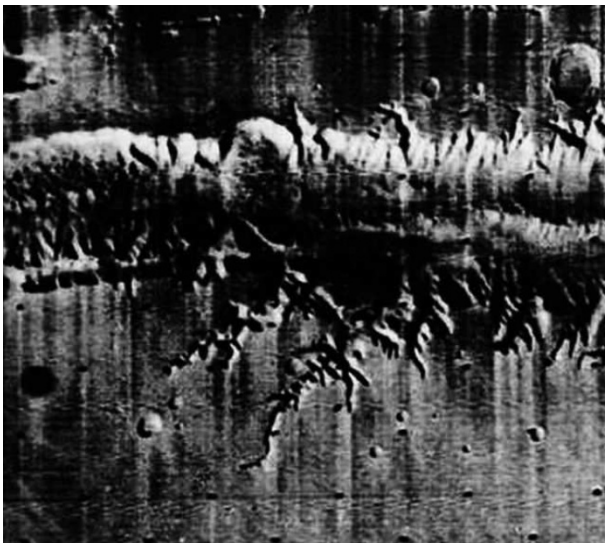
EL PLANETA VENUS FLOTA sereno y bello en el cielo de la Tierra como brillante punto de luz blancoamarillenta. Visto o fotografiado a través de un telescopio, se distingue un disco sin rasgos característicos; una capa de nubes enorme, enigmática y cerrada oculta la superficie a nuestra vista. Ningún ojo humano ha visto el suelo de nuestro más cercano vecino planetario.

Pero ahora sabemos muchas cosas sobre Venus. Por las observaciones de radiotelescopio y naves espaciales, sabemos que la temperatura de la superficie es de 425 °C. La presión atmosférica en la superficie de Venus es noventa veces superior a la que experimentamos en la Tierra. Como la gravedad del planeta es tan poderosa como la de la Tierra, hay noventa veces más moléculas en la atmósfera de Venus que en la de la Tierra. Esta densa atmósfera actúa como una especie de manta aislante, manteniendo la superficie caliente mediante el efecto de «invernadero» y suavizando diferencias de temperatura de un lugar a otro. Es probable que el polo de Venus no sea significativamente más frío que su ecuador, y en Venus hace tanto calor a mediodía como a medianoche.

A 80 km sobre la superficie se extiende la espesa capa de nubes que vemos desde la Tierra. Hasta fecha muy reciente nadie conocía la composición de estas nubes. Yo había sugerido que quizás estuvieran formadas, en parte, por agua, un material muy abundante cósmicamente, lo que podría abonar muchas, pero no todas, por supuesto, de las propiedades observadas en las nubes de Venus. Pero también se sugerían otros materiales, entre ellos cloruro de amonio, varios silicatos, soluciones de ácido clorhídrico, cloruro férrico hidratado, hidrocarburos, siendo sugerido este último producto por Immanuel Velikovski, en su novela *Mundos en colisión*, para proporcionar maná a los israelitas en sus cuarenta años de vagar por el desierto. Los otros materiales que se insinuaron pisaban terreno más firme. Sin embargo, cada uno de ellos entraba en conflicto con una o más de las observaciones realizadas.

Pero, recientemente, se ha sugerido un material que parece ajustarse a la perfección a toda medición. El astrónomo americano Andrew T. Young ha

demostrado que las nubes de Venus es probable que sean una solución concentrada de ácido sulfúrico. Una solución del 75 % de H_2SO_4 se ajusta al índice de refracción de las nubes de Venus determinado por observaciones polarimétricas efectuadas desde la Tierra. Ninguno de los otros materiales se acerca a este cálculo. Tal solución es líquida a las temperaturas y presiones reinantes en las nubes de Venus. El ácido sulfúrico posee una característica de absorción determinada por el espectroscopio infrarrojo, en una longitud de onda de 11,2 µ. De todos los materiales propuestos o sugeridos, tan solo el H_2SO_4 posee tal característica de absorción. La serie soviética de los *Venera* encontró grandes cantidades de vapor de agua por debajo de las nubes visibles de Venus. Las observaciones que se han hecho en busca de agua mediante procedimientos espectroscópicos han hallado solamente una insignificante cantidad de vapor de agua en las nubes de Venus. Las dos observaciones estarán de acuerdo en el caso de que entre estas dos reglones haya un eficaz agente secador. El ácido sulfúrico es tal agente.



El gran Valle de Coprates. (Cortesía de la NASA).

En la atmósfera de la Tierra hay gotitas de agua a gran altura y vapor de agua en las capas atmosféricas más inferiores. De la misma manera en Venus: Si hay gotitas de ácido sulfúrico en las nubes altas, debe haber más abajo ácido sulfúrico gaseoso, a una concentración relativamente elevada cerca de la superficie, Los astrónomos también han hallado pruebas inequívocas de la existencia de ácidos clorhídrico y fluorhídrico como gases en la atmósfera superior de Venus. También deben existir a elevada concentración, por ejemplo, en las proporciones relativas del «puré de guisantes» de Los Ángeles en el aire de la ciudad, en la atmósfera más baja de Venus. Estos tres ácidos constituyen una mezcla sumamente corrosiva. Cualquier nave espacial que

haya de sobrevivir en la superficie de Venus no solamente debe estar protegida contra las altas presiones, sino también contra la atmósfera corrosiva.

En la actualidad, la Unión Soviética se halla inmersa en un programa muy activo de exploración de Venus, sin, por supuesto, presencia humana en tales exploraciones. Ahora sabemos que a mediodía hay suficiente luz en Venus para hacer fotografías. Llegará el día, quizá dentro de algunos años, no muchos, en que podamos tener las primeras fotografías de la superficie de Venus. ¿Cómo será esta superficie? Podemos hacer predicciones en cierta medida.

A causa de la atmósfera muy densa de Venus, se producen algunos efectos ópticos muy interesantes. El más importante de todos se debe a la dispersión Rayleigh, llamada así en honor del inglés Lord Rayleigh. Cuando la luz del sol toca la atmósfera clara y limpia de polvo de la Tierra, dicha luz se dispersa. Los fotones chocan con las moléculas de la atmósfera terrestre y rebotan. Pueden darse muchos de tales rebotes. Pero como las moléculas de aire son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz, resulta que las longitudes de onda corta se dispersan o rebotan mediante las moléculas de aire más eficazmente que las longitudes de onda largas. La luz azul se dispersa mucho mejor que la luz roja. Este es un hecho que ya conocía Leonardo da Vinci, quien pintaba los paisajes lejanos o de fondo con un primoroso azul cerúleo. Por eso hablamos de montañas azules, y por eso el cielo es azul. La luz del sol se dispersa o extiende por toda nuestra atmósfera, parte de ella se dispersa hacia arriba y hacia afuera de nuevo, pero otras fracciones de luz solar se dispersan mediante las moléculas de nuestra atmósfera y entonces, siguiendo una dirección completamente distinta a la del Sol, vuelve a nuestros ojos. En ausencia de atmósfera, como en la Luna, el cielo es negro. Cuando miramos una puesta de sol estamos viendo al Sol a través de un sendero más largo en la atmósfera de la Tierra que cuando lo contemplábamos a mediodía. La luz azul ha abandonado este sendero, dejando que la luz roja toque nuestros ojos. La belleza de las puestas de sol, del cielo y de los distintos paisajes se debe a la dispersión Rayleigh.

¿Y qué hay de la dispersión Rayleigh en Venus? Como la atmósfera es mucho más densa, allí es mucho más importante la dispersión Rayleigh. Si pudiésemos suprimir las nubes de Venus, aún seríamos incapaces de ver su superficie desde arriba. En la atmósfera de Venus se dispersaría la luz de todos los colores tantas veces que no se podría distinguir ningún detalle de la superficie del planeta. Con longitudes de onda más largas a las que es sensible

el ojo humano, se podría ver la superficie desde arriba, pero hay nubes. Las ondas de radio penetran en las nubes y atmósfera de Venus, y así se están confeccionando los primeros mapas de radar de Venus. Dentro de muy pocos años, el gran telescopio Arecibo, de la Cornell University, en Puerto Rico, comenzará a trazar el mapa de Venus, por radar, con mayor precisión que los mapas que se han hecho ópticamente de la Luna. Ya se tienen indicios de que en la superficie de este enigmático planeta hay cadenas montañosas y enormes cráteres.

En la superficie de Venus, la dispersión Rayleigh produce también otro importantísimo efecto. Así como no podemos ver la superficie en luz visible desde la parte superior de Venus, tampoco podemos ver el Sol, en luz visible, desde la superficie de Venus, aunque se abriese un enorme claro en las nubes. Por otra parte, si hubiese vida inteligente en Venus, la astronomía se desarrollaría muy lentamente, siendo así que surgiría primero la radioastronomía. La nave espacial *Venera 8* halló que la luz solar alcanza la superficie de Venus durante el día, pero queda tan atenuada por su paso entre las nubes y atmósfera que, incluso a mediodía, no es más brillante en Venus que en pleno crepúsculo de la Tierra. La luz solar sería así un brumoso y confuso retazo de luz de color rubí oscuro, cuya salida y puesta podrían determinarse muy vagamente.

Si pudiéramos hallarnos sobre la superficie de Venus vestidos con traje protector y los ojos cubiertos por gafas de sol color violeta, no se vería nada en absoluto más allá de unos cuantos metros. La dispersión Rayleigh en luz azul es tan fuerte en Venus que la visibilidad en el color violeta es muy pequeña. Pero como la luz de larga longitud de onda se dispersa menos que la azul, en el final rojo del espectro visible —ojos cubiertos con gafas de sol color rojo—, la visibilidad probablemente podría alcanzar los 200 o 300 metros. En la superficie de Venus, todo debe estar bañado por una oscuridad de profundo color rojo. Percibiríamos el color, pero tan solo de aquellos objetos que estuviesen muy cerca de nosotros. Todo lo demás, todo cuanto nos rodeara, aparecería como un borrón rosado.

Así pues, Venus parece ser un lugar completamente diferente a la Tierra y, además, muy poco atractivo: temperaturas de verdadera parrilla, presiones aplastantes, gases corrosivos y malsanos, olores a azufre, y un paisaje inmerso en oscuridad rojiza.

Resulta curioso, pero hay un lugar asombrosamente parecido a este en las leyendas, folklore y superstición de los hombres. Le llamamos Infierno. En la antigua creencia —por ejemplo, la de los griegos—, era el lugar a donde

viajaban todas las almas humanas después de la muerte. En la época cristiana, se piensa en el Infierno como destino *post mortem* para una de las dos categorías de persuasión moral. Pero existen pocas dudas de que el punto de vista sobre el Infierno, en cuanto concierne al individuo medio —azufre, color rojo, llamas, etc.— se ajusta, en todo, a la superficie de Venus.

Aunque las moléculas biológicas terrestres rápidamente se harían pedazos en Venus, hay moléculas orgánicas —por ejemplo, algunas con una compleja estructura circular— que se mantendrían estables en las condiciones de Venus. Es difícil excluir la vida allí, pero ciertamente podemos decir que sería por completo diferente a la que para nosotros es familiar. Cualquier criatura que viva allí sin duda alguna ha de poseer piel muy correosa. A causa de las altas temperaturas atmosféricas, incluso sería normal que también dispusiera de pequeñas alas, cortas y rígidas, que llevasen al que las poseyera de un lado a otro en aleteo excepcionalmente enérgico y activo. Un diablo es un perfecto modelo —excepto en su aspecto de macho cabrío y humano— para un habitante de Venus. Milton e Isaías llamaron a Lucifer «Hijo de la mañana», de la estrella de la mañana. Durante miles de años, Venus y el Infierno se han identificado.

Por supuesto, que esta no es más que una curiosa coincidencia y no creo que pueda ser algo más que eso. Aquí, el detalle principal es que en todas las leyendas uno se va al Infierno hacia abajo y no hacia arriba. El mundo clásico de Grecia y Roma y el antiguo Oriente Próximo estaba sazonado de volcanes en actividad. Estos terrenos volcánicos, como en las Islandia y Hawai contemporáneas, son lugares desolados, desnudos, aunque también paisajes de pavorosa belleza. De los cráteres volcánicos surgen gases sulfurosos; fuentes y ríos de lava tiñen los alrededores de rojo. Hace mucho calor. Uno se chamusca las cejas y pestañas si se acerca demasiado a una salida de lava. Y todo este calor, color rojo y malos olores vienen de abajo. No fue muy difícil para nuestros antepasados imaginar que los terrenos volcánicos eran aberturas que daban paso a un mundo en llamas completamente diferente, que se llamaba Infierno.

El interior de la Tierra y el exterior de Venus son parecidos, pero no idénticos. Los dos son lugares desagradables para los seres humanos, pero a la vez ambos poseen extremado interés científico, lugares que vale la pena visitar, ya que no lugares donde residir. Dante sabía mucho sobre esto.

CAPÍTULO 12

CIENCIA E «INTELIGENCIA»

PASÉ LOS PRIMEROS DOS AÑOS después de doctorarme en la Universidad de California, Berkeley, donde, entre otras cosas, me preocupó la búsqueda de vida en otros lugares y la esterilización de vehículos espaciales destinados a lugares como Marte, pues no deseábamos contaminar el medio ambiente marciano con microbios de la Tierra.

En un brillante día de primavera, recibí una llamada telefónica de un general de las Fuerzas Aéreas a quien había conocido y encontrado en varias reuniones de carácter científico. El general había trabajado principalmente en la medicina aplicada a la Aviación. Le llamaré aquí Bart Doppelganger. El general Doppelganger me informó que se encontraba en Los Ángeles con tres científicos soviéticos, uno de los cuales estaba encargado del esfuerzo soviético de construir instrumentos para investigar la vida extraterrestre. Su nombre era Alexandr Alexandrovich Imshenetski (no hay razón alguna para cambiar su nombre; a diferencia de otros, en este relato, no tiene nada de que avergonzarse). Era la primera visita que hacía Imshenetski a los Estados Unidos Sí, por supuesto que me interesaba conocerle. ¿Cuándo? La respuesta fue: «Inmediatamente». Así que partí en automóvil hacia el aeropuerto de San Francisco, volé a Los Ángeles, donde tomé un taxi para dirigirme a una dirección que me había facilitado nuestro general Doppelganger.

Era el hogar de un fisiólogo muy conocido profesionalmente, un buen cerebro de la UCLA. En la sala de estar, a mi llegada, se encontraba el fisiólogo, otros expertos en medicina para la Aviación de la UCLA. el general Doppelganger, tres científicos soviéticos (dos expertos en medicina espacial y el académico Imshenetski) y un intérprete. Llamaré al intérprete Igor Rogovin; era un empleado americano de la Biblioteca del Congreso destinado a servir de intérprete para los tres rusos durante su visita a los Estados Unidos. La única cosa que me sorprendió como algo peculiar fue que el inglés de los tres rusos era realmente excelente. Entonces, ¿para qué necesitaban un intérprete?

Todo el mundo aparecía alegre, se cambiaron frases de suma cortesía y circularon bebidas (Igor también tomó parte en esto). No había conversación

en la cual él estuviera ausente durante más de cinco minutos. Estaba muy atareado, como una abeja maníaca que obsesivamente revoloteara de flor en flor.

Al cabo de un rato, todos acordamos trasladarnos al aeropuerto internacional de Los Ángeles, donde los rusos más tarde tomarían un avión. Pero, antes de emprender el viaje, cenaríamos juntos. Todos no cabíamos en un solo coche, por lo cual Rogovin no podía viajar en dos vehículos a la vez. Imshenetski, algunos otros y yo subimos a un coche, y Rogovin y los demás tomaron un segundo automóvil. Durante los veinte o treinta minutos que duró el viaje, Imshenetski y yo intercambiamos interesantes puntos de vista sobre métodos de detección de vida y esterilización de vehículos espaciales y su tecnología. Era el primero de los contactos que yo tenía con un científico soviético.

Llegamos al aeropuerto, donde registraron las maletas; luego los soviéticos se excusaron para ir al lavabo. Mientras les esperaba en el exterior, me encontré a solas con Igor Rogovin, quien inmediatamente me dijo, hablando por una de las comisuras de la boca y con el tono propio de un James Cagney o Humphrey Bogart:

—¿Qué hay muchacho? ¿Qué has averiguado?

Como no estaba muy al corriente de los métodos y costumbres mundanas, y sintiéndome muy complacido por la información que Imshenetski y yo habíamos intercambiado, rápidamente resumí lo que había aprendido.

—Muy bueno, muchacho. ¿Para quién trabajas?

*Dos fotografías tomadas por el **Mariner 9**. Arriba: Manchas en el interior de los cráteres. Abajo: Análisis de una de las manchas mostradas arriba. (Cortesía de la NASA).*

—Para la Universidad de California, en Berkeley —repliqué en tono de suma satisfacción.

—No, no, muchacho; la tapadera no.

Poco a poco me fui dando cuenta de cuál era la ocupación de Igor Rogovin, ya que no de su identidad. Con creciente cólera, le expliqué que si era posible sostener una conversación con un científico soviético, tal conversación redundaría más en beneficio de la ciencia que en beneficio de los servicios americanos de Información Militar. Antes de que Rogovin pudiese decir algo, salieron del lavabo nuestros invitados soviéticos y todos nos fuimos a cenar.

Aunque me hallaba sentado junto a Imshenetski me sentí incapaz de hablar de nuevo con él acerca de cualquier tema que se pareciera a la ciencia. Todavía recuerdo que nuestros principales temas de conversación fueron las

películas americanas y los poetas soviéticos. Tras haber bebido algunas copas, Alexandr Alexandrovich Imshenetski declaró que William Shakespeare era el poeta más leído en Rusia y que las películas americanas de vaqueros eran excesivamente violentas. Transcurrieron varias horas durante las cuales solo hablamos sobre estos dos temas.

Cuando los rusos partieron hacia su país, yo regresé a Berkeley.

A la mañana siguiente examiné las páginas de la guía telefónica de San Francisco y, bajo «Gobierno de los Estados Unidos», encontré una sección marcada «Central Intelligence Agency». Al marcar el número en cuestión, una voz de tono alegre dijo algo parecido a «Yukon 4-2143».

—¡Oiga! ¿Es la CIA? —pregunté.

—¿En qué podemos servirle, señor?

—Quiero presentar una queja. Más bien hacer una reclamación.

—Un momento, señor; le pondré con el Departamento de Reclamaciones.

Esto ocurrió poco después del episodio de la Bahía de los Cochinos y supongo que la CIA estaba recibiendo montañas de reclamaciones y quejas.

Cuando, por fin, logré que me pusieran con el Departamento de Reclamaciones, me lancé rápidamente a hacer un resumen de mi encuentro o, más bien, choque con el señor Rogovin, pero al cabo de unos segundos me silenciaron alegando que aquel no era tema adecuado para tratar por teléfono. La voz que me impuso silencio no llegaba a mis oídos por la misma línea. Seguramente la línea estaba intervenida. En consecuencia, establecimos una cita para más tarde en aquel mismo día y en *mi* despacho.

Por supuesto, y a la hora prescrita, llegaron dos hombres jóvenes, muy bien vestidos, que me mostraron dos tarjetas de identificación con la firma de John McCone, quien recientemente había sido nombrado director de la CIA. Tras expresar mi estado de ánimo, molesto sin duda alguna, mediante un detallado escrutinio de sus tarjetas de identificación, comencé a relatar mi historia. Vi que en sus rostros se reflejaba una creciente preocupación. Al final de mi relato, me explicaron que el comportamiento de Rogovin no podía ser de ninguna manera el que correspondía a un empleado de «la Agencia». Se mostraron muy preocupados por mi relato, particularmente a causa de la «mala prensa» que estaban sufriendo después de lo de la Bahía de los Cochinos. Harían todo lo posible por arreglar las cosas, si yo no molestaba a la Agencia dando más publicidad a la historia en cuestión. Acepté guardar silencio durante un tiempo, y los dos hombres abandonaron mi despacho.

Una semana más tarde me llamaron por teléfono:

—Doctor Sagan, soy el señor Smith, el que estuvo charlando con usted en su despacho la semana pasada. ¿Recuerda el asunto que entonces tratamos?

Sospeché que el teléfono también esta vez se hallaba intervenido.

—Hemos podido establecer que la parte en cuestión —¿sabe a quién me refiero?— no trabaja para nosotros; bien, para nuestra organización, con ese nombre. Desde luego, estamos buscando otros nombres y le iremos a ver tan pronto como podamos.

Les había costado una semana estudiar la nómina personal de la CIA. O la nómina era muy larga o muy secreta.

Algunos días más tarde, y empleando un lenguaje igualmente velado, me llamaron y me dijeron —en un tono de voz que parecía reflejar suma preocupación— que Igor Rogovin no trabajaba para la CIA con ningún otro nombre y que, en tales circunstancias, naturalmente sentían mucha curiosidad por saber para quién lo hacía.

Transcurrió otra semana. Entonces la CIA deseó hablar conmigo de nuevo en mi despacho. Llegaron los dos caballeros que ya me habían visitado anteriormente y, una vez más, me enseñaron las dos tarjetas de identificación firmadas por John McCone. Me informaron que tras fatigosas investigaciones, habían descubierto que Igor Rogovin era en realidad un agente del Servicio Secreto de las Fuerzas Aéreas. De nuevo me aseguraron que ningún representante de su Agencia se hubiese comportado de tal manera, y acto seguido, se fueron. Lo que sí quedaba claramente establecido era que a la CIA le había costado dos semanas determinar la personalidad de un miembro de una organización paralela de un Departamento de Información de los Estados Unidos.

La historia tiene una continuación. Un año o dos más tarde, se reunía en Florencia, Italia, la organización internacional espacial COSPAR. Como espléndido regalo a tales reuniones, se abrió la Galería Uffizi una tarde, especialmente para que pudieran verla las delegaciones COSPAR de varias naciones. Tenía que darse la casualidad de que yo estuviera con Alexandr Alexandrovich Imshenetski cuando entramos en una sala enorme aparentemente desierta, pero inundada de Botticelli. Y allí, en el otro extremo de la galería había una figura humana que se distinguía con cierta dificultad. Noté cómo Imshenetski se envaraba. Forzando un tanto los ojos, pude ver el rostro de Igor Rogovin, rostro disfrazado con poblada barba. Sin duda viajaba de incógnito. Imshenetski se inclinó hacia mí y musitó:

—¿No es ese el individuo que estuvo con nosotros en Los Ángeles?

Cuando asentí con un movimiento de cabeza, Imshenetski murmuró:

—¡Estúpido individuo!

El hecho de que Rogovin trabajara para el Servicio de Información de las Fuerzas Aéreas, mirando ahora al pasado, no era nada sorprendente, puesto que el general Doppelganger me había invitado a Los Ángeles. Pero sí es muy sorprendente que las Fuerzas Aéreas se sintieran interesadas por los planes soviéticos en lo que se refería a la detección de vida en otros planetas y a la esterilización de naves espaciales. Y el hecho de que los Servicios de Información americanos intentaran emplear a inocentes y jóvenes científicos (yo tenía entonces veintisiete años y políticamente era aséptico) para llevar a cabo tales propósitos, es realmente sorprendente. Al menos, a mí me asombra.

Hay otras muchas historias en las que están implicadas las organizaciones de espionaje soviéticas y americanas. El efecto general de tales incidentes es disminuir la verosimilitud del intercambio científico entre los expertos de diferentes países. Tales intercambios son sumamente necesarios en una época cu la que existe el peligro de una hecatombe nuclear y en la cual los científicos tienen acceso a lugares muy cercanos a los políticos que están en el poder. El hecho de que tales actividades de espionaje se practiquen de forma enteramente regular e invariable por parte soviética no debilita, en mi opinión, este razonamiento. La intromisión del espionaje en los intercambios científicos internacionales de esta clase es, sea cual fuere su objetivo final, poco o nada inteligente.

CAPÍTULO 13

LAS LUNAS DE BARSOOM

DURANTE MI ADOLESCENCIA TUVE la suerte de tropezar con una serie de novelas ampulosamente escritas con títulos como *Thuvia*, *Maid of Mars*, *The Chessman of Mars*, *The Princess of Mars*, *The Warlords of Mars*, y así sucesivamente. Ni que decir tiene, se trataba de novelas sobre Marte. Pero no acerca de nuestro Marte, el Marte revelado por el *Mariner 9*.

Por lo menos, no creo que nuestro Marte sea como el de estas novelas escritas por Edgar Rice Burroughs, el creador de Tarzán. Su Marte era el de Percival Lowell, un planeta de antiguos fondos marinos, canales y estaciones de bombeo, bestias con seis patas y hombres (algunos sin cabeza) de todos los colores, incluyendo el verde. Tenían nombres como Tars Tarkas. Probablemente, la hipótesis más notable propuesta por Burroughs en estas novelas era que los seres humanos y los habitantes de Marte podían tener descendencia, prole, proposición biológicamente imposible si los marcianos y nosotros tenemos orígenes biológicamente distantes. Burroughs escribió muy honestamente acerca de la infertilidad de un virginiano, milagrosamente transportado a Marte, y de Dejah Thoris, la princesa de un reino con el improbable nombre de Helium. No tengo dudas de que el precedente de un reino llamado Helium condujera directamente al planeta llamado Kryptón, patria de Supermán, el protagonista de una historieta para niños. Hay aquí una rica vena de material literario que aún no se ha explotado bastante. El futuro puede mostrar planetas, estrellas, o incluso galaxias completas, llamadas Neón, Argón, Xenón y Radón, gases nobles.

Pero el nombre ideado por Burroughs, que a través de los años me ha obsesionado, es el que imaginó que los marcianos dieron a Marte: Barsoom. Y fue una frase suya más que ninguna otra cosa la que se grabó en mi pensamiento: «Las violentas lunas de Barsoom».

Pues, sin duda, Marte es un mundo con dos lunas, situación que parecería completamente natural para los habitantes de dicho planeta como para nosotros lo es contar con una sola luna. Sabemos cómo se presenta nuestro solitario satélite a simple vista desde la superficie de la Tierra. Pero, desde la superficie de Marte, ¿qué aspecto tienen las lunas de Barsoom? Esta pregunta

que, de vez en cuando, me preocupaba en mi adolescencia, no iba a tener respuesta hasta el año 1971 y el viaje del *Mariner 9*.

Las lunas de Marte fueron creación de Johannes Kepler, el descubridor de las leyes del movimiento planetario y hombre de escasa talla intelectual. Pero vivió en el siglo XVI, en un clima intelectual muy diferente del actual. Confeccionaba horóscopos para poder comer; la astronomía era su pasión más que su ocupación. Su madre fue juzgada y condenada por bruja. Cuando Kepler se enteró del descubrimiento de Galileo, con uno de los primeros telescopios astronómicos, de las cuatro grandes lunas de Júpiter, él inmediatamente concluyó que Marte tenía dos lunas. ¿Por qué? Porque Marte se hallaba a una distancia intermedia del Sol, entre la Tierra y Júpiter. Sin duda, parecía evidente que debía poseer un número intermedio de lunas. Las observaciones parecían demostrar que Venus carecía de lunas, la Tierra contaba con una y Júpiter con cuatro (el verdadero número que hoy día conocemos es de doce). Kepler pudo haber deducido dos o tres lunas para Marte, pero la pasión de toda una vida por las progresiones geométricas le llevó a elegir dos. El razonamiento, por supuesto, es falso. Las diez lunas de Saturno, las cinco de Urano y las dos de Neptuno no encajan en este esquema, que no es científico, sino más bien estético.

Pero el prestigio de Kepler era inmenso, particularmente después de que las leyes del movimiento planetario se derivasen de la teoría de la gravitación de Isaac Newton; y así, las alusiones literarias a las dos lunas de Marte perduraron a lo largo de los siglos. En la un tanto larga historia corta de Voltaire, Micromegas, un ciudadano de la estrella Sirio se da cuenta, por casualidad, cuando viajaba por nuestro Sistema Solar, de que Marte tenía dos lunas. Hay una referencia más famosa a las dos lunas marcianas en la sátira de Jonathan Swift de 1726, *Viajes de Gulliver*, no en las partes de los liliputienses, ni en la de los gigantes o en la de los caballos inteligentes, sino en la menos leída de todas, la que se refiere a la isla flotante y aérea de Laputa. El episodio es, sin duda, una crítica descaradamente razonada de las tensas relaciones hispano-británicas en la época de Swift, porque *la puta*[*] es una palabra española que equivale a prostituta. Las metáforas políticas son oscuras, al menos para mí. De todos modos, Swift anuncia casualmente que los astrónomos de Laputa han descubierto dos lunas de Marte, las cuales poseen rápidos movimientos y han proporcionado información sobre su distancia a Marte y sus períodos de traslación alrededor de Marte, información que es incorrecta, pero que es inteligente como intuición. Existen toda una serie de publicaciones sobre cómo era posible que Swift conociera

las lunas de Marte, incluyendo la sugerencia de que Swift era marciano. Sin embargo, las pruebas demuestran que Swift no era marciano y que su conocimiento sobre las dos lunas, sin duda, puede deberse a las especulaciones de Kepler.

El verdadero descubrimiento de las dos lunas de Marte se hizo desde el exterior de Washington D. C., en 1877. El Observatorio Naval de los Estados Unidos acababa de terminar un gran telescopio refractor. El astrónomo del observatorio, Asaph Hall, intentó averiguar si las lunas de Marte, ensalzadas en canciones y en la literatura, existían realmente. Sus primeras noches de observación constituyeron un fracaso, y de mal humor incluso anunció a su esposa que se proponía abandonar la búsqueda. La señora Hall no admitió esto y animó a su marido a que trabajara unas cuantas noches más con el telescopio, hasta que el hombre tuvo a su alcance los satélites marcianos. Durante un corto período de tiempo pensó que había hallado tres satélites, porque el interior se movía tan rápidamente que en una noche le vio a un lado de Marte y a la noche siguiente en el otro. Hall bautizó a las lunas con los nombres de Fobos y Deimos, como los caballos que arrastraban la cuadriga del dios de la guerra en la mitología griega; significan, respectivamente, temor y terror. (Los adjetivos adecuados implican algunos problemas: ¿Hablamos de órbitas fóbicas y de noches deimónicas?). Si algún día se descubre otra luna de Marte, espero que se la bautice con un nombre menos feroz y más optimista, como, por ejemplo, «Paz».

*Fotografía compuesta de Marte, tomada por el **Mariner 9**. Se ven grandes volcanes en el fondo y el casquete polar del Norte. La cantidad de anhídrido carbónico y agua congelada atrapada en el casquete polar, si se liberase en la atmósfera, determinaría probablemente condiciones climáticas muy parecidas a las de la Tierra. (Cortesía de la NASA).*

También confío en que cuando se fijen definitivamente las características de Fobos y Deimos por parte de la Unión Astronómica Internacional, una de ellas se llame como la señora Hall. Pero como la otra seguramente será llamada como Asaph Hall, tendremos un problema: dos cráteres llamados Hall serían algo perturbador. En una charla que di en Harvard, sobre astronomía comenté que el problema se resolvería si conociésemos el nombre de soltera de la señora Hall. Mi amigo Owen Gingerich, profesor de Historia de la Ciencia en Harvard, inmediatamente se puso en pie replicando: «Angelina Stickney». Así pues, cuando llegue el momento, espero que habrá un «Stickney» en una de las lunas de Barsoom.

El subsiguiente estudio de Fobos y Deimos llevado a cabo entre 1877 y 1971 tiene una curiosa historia. Las lunas de Marte son tan pequeñas que aparecen, incluso contempladas con los mejores telescopios, como simples puntos de luz. Son excesivamente pequeñas para haber sido observadas con los telescopios anteriores a 1877. Sus órbitas pueden calcularse anotando sus posiciones en varios tiempos. En 1944, en el Observatorio Naval de los Estados Unidos (donde sin duda debió desarrollarse un comprensible interés por Fobos y Deimos), B. P. Sharpless reunió todas las observaciones que tenía a su disposición por entonces para determinar las órbitas con la mayor precisión. Halló —sin duda con enorme sorpresa— que la órbita de Fobos parecía decaer en lo que los astrónomos llamaban aceleración secular. En largos períodos de tiempo, el satélite parecía estar aproximándose cada vez más a Marte, a la vez que se movía también mucho más rápidamente. Este fenómeno nos es muy familiar hoy día. Las órbitas de los satélites artificiales decaen durante todo el tiempo en la atmósfera de la Tierra. Inicialmente se reducen a causa de las colisiones con las difusas capas superiores de la atmósfera de la Tierra, pero mediante las leyes de Kepler el resultado neto es un movimiento más rápido.

La conclusión de Sharpless, de una secular aceleración para Fobos, continuó siendo una curiosidad sin explicar y casi sin examinar, hasta que alrededor de 1960 la tuvo en cuenta el astrofísico soviético I. S. Shklovski. Este pensó en una amplia gama de hipótesis en cuanto se refería a la aceleración secular, entre ellas la influencia del Sol, la de un campo magnético de Marte y la de la gravedad de este planeta. Halló que ninguna de estas hipótesis encajaba con exactitud. Entonces volvió a considerar la posibilidad del arrastre atmosférico. En los días anteriores a la investigación de Marte con naves espaciales, se conocía escasa e indirectamente el tamaño exacto de los satélites marcianos, pero se sabía que Fobos tenía unos 20 km

de diámetro. La altitud de Fobos sobre la superficie de Marte también se conocía. Shklovski y otros antes que él descubrieron que la densidad de la atmósfera marciana era demasiado baja para producir el arrastre indicado por Sharpless. Fue precisamente en este momento cuando Shklovski hizo una audaz y brillante suposición.

Todos los cálculos efectuados para demostrar que no existía arrastre atmosférico habían presupuesto que Fobos era un objeto de densidad corriente. Pero ¿y si su densidad era muy baja? A pesar de su enorme tamaño, entonces su masa sería muy pequeña, y su órbita podría resultar afectada por la enrarecida superior atmósfera marciana.

Shklovski calculó la precisa densidad de Fobos y halló un valor que alcanzaba a una milésima parte de la densidad del agua. Ningún objeto natural o sustancia tiene una densidad tan baja; hay una madera que tiene la mitad de la densidad del agua. Así pues, con densidad tan baja solo quedaba una conclusión posible: Fobos tenía que estar hueco. Un objeto enorme y hueco, con 20 km de diámetro, no podía crearse mediante procesos naturales. Por tanto, Shklovski concluyó que había sido creado por una avanzada civilización marciana. Indudablemente, un satélite artificial de 20 km de diámetro requiere una tecnología mucho más avanzada que la nuestra.

Como no había señales de tal civilización avanzada en Marte, Shklovski supuso que Fobos —y posiblemente Deimos— habían sido lanzados al espacio en un lejanísimo pasado por una desaparecida civilización marciana. (El lector que se sienta interesado por este tema hallará más detalles de este notable razonamiento de Shklovski en el libro *Vida inteligente en el Universo*, escrito en colaboración por Shklovski y por mí. [San Francisco, Holden-day, 1966; Nueva York, Delta Books, 1967]). A continuación de los primeros trabajos de Shklovski sobre el tema, los movimientos de las lunas de Marte fueron examinados en Inglaterra por G. A. Wilkins, quien manifestó que era probable no existiera aceleración secular. Pero no podía estar seguro.

La extraordinaria sugerencia de Shklovski en el sentido de que las lunas de Marte podrían ser artificiales es una de las tres hipótesis que hay sobre su origen. Las otras dos —interesantes por derecho propio, pero sin duda muy inexpresivas en comparación con la hipótesis de Shklovski— son: 1) que las lunas son asteroides capturados, o 2) que son una especie de restos que quedaron allí cuando se formó Marte.

Los asteroides son pedazos de roca y metal que giran alrededor del Sol entre las órbitas de Marte y Júpiter. No es probable, aunque teóricamente

posible, que sean escenarios en los cuales la gravedad de Marte pueda capturar a un asteroide que pase a su alcance.

En la hipótesis de «restos marcianos» se considera que trozos de roca de diversos tamaños se unieron para formar Marte; que la última generación de tales piezas produjo los enormes y antiguos cráteres sobre Marte, y que Fobos y Deimos son, por casualidad, los únicos restos que aún perduran de la primitiva historia catastrófica de Marte.

Es evidente que el hecho de confirmar alguna de estas hipótesis, cualquiera de las tres, sobre el origen de las lunas de Marte, sería un logro de suma importancia científica.

La misión del *Mariner* sobre Marte, en 1971, en la cual tuve el placer de trabajar, en principio implicaba el empleo de dos naves espaciales, el *Mariner 8* y el *Mariner 9*. Iban a situarse en órbitas diferentes también con distintos propósitos en el estudio de Marte. Cuando finalmente hubo acuerdo acerca de estas órbitas me percaté de que no estaban lo suficientemente lejos de las órbitas de Fobos y Deimos. También me pareció que las observaciones realizadas por televisión y con otros medios sobre Fobos y Deimos, por la nave espacial *Mariner*, podrían permitirnos determinar parte de su origen y naturaleza.

Por tanto, solicité permiso a los funcionarios de la NASA que organizaban y dirigían la misión, para programar observaciones de Fobos y Deimos. Aun cuando los directores de la misión en el *Jet Propulsion Laboratory*, verdadera organización operativa, no se mostraran muy contrarios a la idea, algunos funcionarios de la NASA se oponían a ella. Por supuesto existía un plan de la misión escrito en un grueso libro donde se determinaba taxativamente lo que harían los *Mariner 8* y *9*. Pero en dicho plan no se mencionaba para nada a Fobos y Deimos. Así pues, yo no podía mirar ni observar a Fobos ni a Deimos. Pura burocracia.

Indiqué que mi propuesta solamente requería mover las plataformas de registro en la nave espacial para que las cámaras pudiesen observar los satélites marcianos. La respuesta, una vez más, fue negativa. Poco tiempo después presenté otro documento en el que decía que, si Fobos y Deimos eran asteroides capturados, el hecho de examinarlos desde el *Mariner 9* equivalía a efectuar una misión casi o del todo gratuita en el cinturón de asteroides. La maniobra que les había propuesto en la plataforma de la nave espacial ahorraría a la NASA doscientos millones de dólares o así. En algunos círculos esta propuesta se consideró como más apremiante. Al cabo de un año y tras muchos cabildeos, se formó un grupo técnico y se hicieron proyectos para

examinar Fobos y Deimos. El grupo que podríamos llamar de trabajo sobre astronomía de satélites, ante mis sugerencias, lo presidió el doctor James Pollack, antiguo alumno mío; pero uno de los signos que dio la NASA acerca de su mala disposición fue que el grupo se formó con posterioridad al lanzamiento del *Mariner 9* y solo dos meses antes de su llegada a Marte. (Mientras tanto, había fallado el *Mariner 8*).

Cuando el *Mariner 9* llegó a Marte, encontramos un planeta casi enteramente oscurecido por el polvo. Puesto que en Marte había muy poco que observar, de repente estalló un insólito entusiasmo por examinar Fobos y Deimos. El primer paso fue tomar fotografías desde cierta distancia con objeto de establecer con cierta precisión las órbitas y situaciones de las lunas. Esta tarea se cumplió de forma preliminar dos semanas después de que la nave espacial penetrara en la órbita marciana. El *Mariner 9* tiene un período orbital de aproximadamente doce horas, de manera que daba la vuelta a Marte dos veces al día.

Las fotografías que el *Mariner 9* envió por televisión a la Tierra fueron radiadas de forma muy parecida a como se envían en nuestro planeta fotografías de un continente a otro por cable. La fotografía está dividida en gran número de pequeños puntos (para el *Mariner 9*, varios centenares de miles), cada uno de los cuales con su propio brillo, o sombra o gris, desde el negro al blanco. Una vez que la nave espacial ha tomado la fotografía y allí se registra sobre cinta magnética se envía a la Tierra punto por punto. En efecto, la comunicación dice: Punto número 3277, nivel gris 65; punto número 3278, nivel gris 62, y así sucesivamente. La fotografía se «reúne» por medio de computadora en la Tierra, esencialmente siguiendo los puntos.

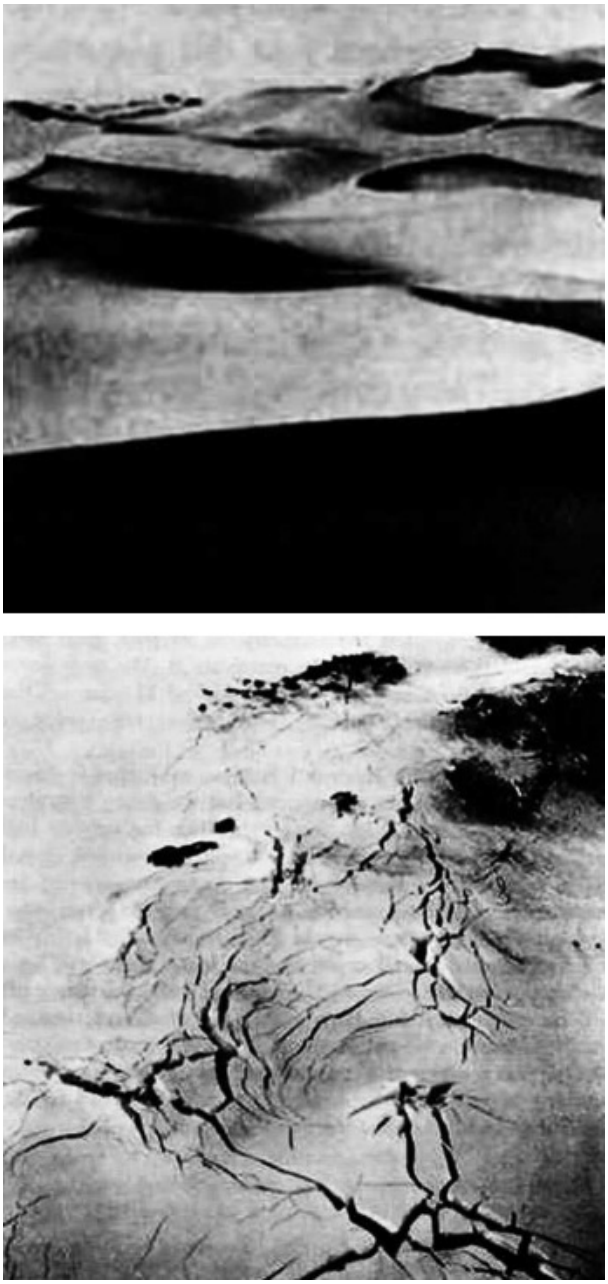
La primera fotografía de Fobos, un primer plano relativamente claro, se obtuvo en la revolución 31. Fuera de texto (fig. 8) se muestra una foto «Polaroide» de la imagen videomonitor de Fobos en la revolución 31, recibida el día 30 de noviembre de 1971. Aun así la imagen es excesivamente borrosa como para poder llegar a conclusión alguna.

Ya tarde, aquella misma noche, el doctor Joseph Veverka, de Cornell, otro antiguo alumno mío, y yo, trabajamos durante la madrugada en el Image Processing Laboratory de JPL para conseguir —mediante técnicas de ampliación y contraste por computadora— todos los detalles que se pudiesen lograr de la imagen. El resultado se muestra también fuera de texto (fig. 9). La forma es irregular. ¿Son cráteres esos manchones?

Nuestra fotografía se construyó en el vídeo-monitor de la computadora, línea por línea y de arriba abajo. A medida que emergió gradualmente lo que

parecía ser el mayor cráter, vimos un punto brillante en su centro; solo por un momento tuve la sensación de que estábamos viendo una estrella a través de un enorme orificio en Fobos, o, aún más emocionante, que estábamos viendo una luz artificial. Pero cuando pedimos a la computadora que suprimiera todos los pequeños errores, el punto brillante desapareció.

En la revolución 34, el *Mariner 9* y Fobos se aproximaron mutuamente a menos de 8000 km, uno de los mayores acercamientos en toda la misión. Por la noche, tarde, al recibir la fotografía, Veverka y yo nos pusimos a trabajar de nuevo con la computadora. Nuestros resultados fueron los que se muestran en la fig. 10. No estoy seguro de cuál es el aspecto que presenta un satélite artificial de 20 km de diámetro, pero no parece ser esto. Fobos más bien se parece a una patata podrida. De hecho, está lleno de cráteres. Para que se hayan acumulado tantos cráteres en esa parte del sistema solar debe de ser muy viejo, probablemente de miles de millones de años.



Extremos del clima en la Tierra. Arriba: Campo de dunas en el Sahara, C. Krüger, ed., Nueva York, Putnam, 1969. Abajo: Grietas en el glaciar Vatnajökull, de Islandia. De The World from Above, por O. Bihalji-Merin, Hill and Wang, Nueva York, 1966

En su conjunto Fobos parece ser un fragmento natural de una roca mayor, terriblemente vapuleada por repetidas colisiones; allí se han abierto o excavado orificios y se le han arrancado trozos, como a golpes de hacha. En Fobos no hay señal alguna de tecnología. Fobos no es un satélite artificial. Cuando, mediante la misma labor realizada en la computadora, se ampliaron las fotos de Deimos ocurrió lo mismo, y así llegamos a la misma conclusión.

Fobos y Deimos son los primeros satélites de otro planeta que han sido fotografiados en primer plano. También se observaron mediante el espectrómetro ultravioleta y el radiómetro infrarrojo a bordo del *Mariner 9.*

Pudimos determinar sus tamaños y formas y algo de su color. Son objetos extremadamente oscuros, más oscuros que el material más negro que haya en la habitación donde ahora mismo esté sentado el lector. Por supuesto, figuran ya entre los objetos más oscuros del Sistema Solar. Como hay tan pocos objetos con esta oscuridad en cualquier otra parte, esperamos poder llegar a saber algo sobre su composición. Ambos están cubiertos, al menos, por finas capas de material muy pulverizado. Proporcionan importantes indicios en cuanto se refiere a procesos de colisión en el Sistema Solar inicial. Creo que estamos contemplando al producto final de una especie de selección de colisión natural, en la cual se han separado fragmentos de un cuerpo principal mayor y estamos viendo únicamente esos dos trozos que ahí quedan y que son Fobos y Deimos. Las lunas de Marte también son importantes calibradores de colisión para Marte. Probablemente, Fobos, Deimos y Marte estuvieron juntos en la misma parte del Sistema Solar durante un largo período de tiempo. El número de cráteres, de un tamaño dado, que hay en Marte, es mucho menor, en general, que en Fobos o en Deimos, proporcionando así importante información acerca de procesos de erosión marciana, cosa que no existe en Fobos y Deimos, sin aire y sin agua.

Como ahora poseemos una buena información acerca del tamaño y forma de estos objetos, y como también contamos con buenas razones para pensar que ambos tienen densidades típicas de roca ordinaria, podemos calcular algo sobre lo que significaría encontrarnos, por ejemplo, en Fobos. En primer lugar, Marte a menos de 12 000 km de distancia llenaría aproximadamente la mitad del cielo de Fobos. La salida o alzamiento de Marte sería un acontecimiento espectacular. No sería mala idea la eventual construcción de un observatorio en Fobos para examinar Marte. Sabemos, por el *Mariner 9*, que Fobos y Deimos giran de la misma manera que lo hace nuestra Luna, siempre mostrando la misma cara a su planeta. Cuando Fobos está por encima del hemisferio diurno de Marte, la luz rojiza de este último sería suficiente para leer por la noche en Fobos.

Debido a su pequeño tamaño, Fobos y Deimos poseen aceleraciones de gravitación muy bajas. Sus gravedades no atraen con mucha fuerza. La de Fobos equivale tan solo a una milésima parte de la de la Tierra. Si en la Tierra se da un salto de 60 cm aproximadamente, ese mismo salto, en Fobos, alcanzaría una altura de casi 500 m. No se precisarían muchos saltos pequeños, graciosos y lentos, tardándose varios minutos en llegar al punto superior de su trayectoria y luego regresar a tierra muy suavemente.

Aún más interesante sería, por ejemplo, jugar un partido de béisbol en Fobos. La velocidad necesaria para lanzar un objeto en órbita alrededor de Fobos es solamente de unos 40 km por hora. Un lanzador aficionado de béisbol podría fácilmente lanzar una pelota en órbita alrededor de Fobos. La velocidad de escape de Fobos es solo de 60 km por hora, velocidad alcanzada fácilmente por los lanzadores profesionales de béisbol. Una pelota de béisbol que escapara de Fobos orbitaria alrededor de Marte, diminuta luna lanzada por el hombre. Si Fobos fuese perfectamente esférico, un astronauta solitario, aficionado al béisbol, podría inventar una curiosa versión, aunque algo perezosa, de este juego, ya de por sí un tanto perezoso. Primero, como *pitcher*, o lanzador podría arrojar la pelota de lado, hacia el horizonte, a unos 40 o 60 km por hora. Entonces podría irse a casa a almorzar, porque la pelota tardaría un par de horas en dar la vuelta a Fobos. Después de almorzar, tomaría el bate, caminaría en dirección opuesta a la del lanzamiento, y esperaría a la pelota lanzada dos horas antes. Aparte del hecho de que los buenos lanzadores rara vez lo hacen bien en los campos de béisbol, este lanzamiento sería cosa muy fácil. Como la luz del día en Fobos solo dura cuatro horas, todo el juego tendría que modificarse para poder jugar durante ese corto período de luz.

Probablemente, estas posibilidades deportivas dentro de uno o dos siglos, sean industria turística para Fobos y Deimos. Pero el béisbol, en Fobos, sería un curioso entretenimiento, que asimismo podría disfrutarse casi en idénticas circunstancias en la Luna. Sin embargo el interés científico por las lunas de Marte —ya sean asteroides capturados o restos de la formación del planeta— es inmenso. Más pronto o más tarde, por supuesto en una escala de siglos, habrá instrumentos que permitan al hombre sobre la superficie de Fobos contemplar con asombro al inmenso planeta rojo que llena el horizonte casi por completo.

¿Y qué decir del panorama opuesto? ¿Qué aspecto pueden tener las lunas de Barsoom, vistas desde la superficie de Marte? Como Fobos está tan cerca de Marte, se vería como un disco clarísimo, aunque es un objeto diminuto. De hecho, Fobos aparecería en el espacio con el tamaño aproximado de la mitad de nuestra Luna contemplada desde la Tierra. Sabemos, por el *Mariner 9*, que tan solo un lado de Fobos es visible desde Marte, al igual que nos ocurre en la Tierra con la Luna. Esa cara de Fobos es, aproximadamente, la que se muestra en la figura 9. Hasta que se llevó a cabo el viaje del *Mariner 9*, nadie —excepto los marcianos, si los hay— han visto jamás esa cara.

Por otra parte, como Fobos está tan cerca de Marte, las leyes de Kepler le impulsan a moverse con rapidez comparativa alrededor del planeta. Efectúa aproximadamente dos órbitas y media alrededor de Marte en 24 horas. Por otra parte Deimos tarda treinta horas y dieciocho minutos en terminar su órbita alrededor de Marte. Ambas lunas giran en sus órbitas en la misma dirección o sentido que Marte efectúa la rotación sobre su eje. Así, Deimos sale por el Este y se pone en el Oeste, como debe hacerlo todo buen satélite que se juzgue a sí mismo como tal. Pero Fobos lo hace una vez alrededor de su órbita en menos tiempo de lo que tarda Marte en su giro. En consecuencia, Fobos sale por el Oeste y se pone por el Este, tardando cinco horas y media en pasar de un horizonte a otro. Este no es, exactamente, un movimiento violento —el movimiento no sería fácilmente perceptible contra el campo de estrellas durante un minuto de contemplación—, pero tampoco es lento. Habrá algunas noches en el ecuador de Marte, cuando Fobos se ponga por el Este durante la puesta de sol y luego salga por el Oeste mucho antes del amanecer.

Fobos está tan cerca del plano ecuatorial de Marte que resulta completamente invisible desde las regiones polares del planeta. Si fuésemos a imaginar la presencia de seres inteligentes en Marte, la astronomía sería competencia de las sociedades ecuatoriales y no de las de las altas latitudes. No estoy seguro de si Helium era un reino ecuatorial.

Freud dice, en alguna parte, que los únicos hombres felices son aquellos que han hecho realidad los sueños de su juventud. Yo no puedo decir que sea este mi caso del todo, pero jamás olvidaré aquellas tempranas horas, en un frío noviembre californiano, cuando Joe Veverka, técnico de la JPL y yo, fuimos los primeros seres humanos que vimos la cara de Fobos.

El Estado de California fue lo suficientemente amable como para concederme una matrícula automovilística rotulada con el nombre de «Phobos». Mi coche no es demasiado perezoso o lento, pero tampoco es capaz de girar alrededor de nuestro planeta dos veces al día. La matrícula me agrada. Hubiese preferido «BARSOOM», pero en California existe un límite de seis letras para las matrículas de los automóviles.

CAPÍTULO 14

LAS MONTAÑAS DE MARTE

I. Observaciones desde la Tierra

Las montañas de la Tierra son el producto de épocas en las cuales ocurrieron grandes catástrofes geológicas. Se cree que las mayores cadenas montañosas se produjeron por la colisión de enormes bloques continentales durante su deriva. El movimiento de los continentes acercándose y separándose unos de otros, aproximadamente a unos dos centímetros por año nos parecerá, sin duda, sumamente lento. Pero como la Tierra tiene miles de millones de años de antigüedad, se dispuso de mucho tiempo para que los continentes chocasen en todo nuestro planeta.

Las montañas más pequeñas se deben a fenómenos volcánicos. La roca fundida y ardiente, llamada lava, asciende a través de tuberías situadas en las capas superiores de la Tierra —tuberías, por llamarlas de alguna manera, de débil estructura a través de las cuales se alivia y libera la presión inferior— y producen enormes pilas de escoria volcánica que se enfrían. El orificio abierto en la cima del volcán —los geólogos le llaman caldera de la cumbre— es el conducto a través del cual se producen sucesivas erupciones de lava. En la caldera de la cima o cumbre de un volcán en actividad, como, por ejemplo, en Hawai, podemos ver auténtica lava fundida. Estas montañas volcánicas individuales y cadenas montañosas o cordilleras, que son realmente entidades separadas, constituyen muestras de que existe una Tierra vigorosa y dinámica.

¿Y qué hay de Marte? Es un planeta más pequeño que la Tierra; su presión central y temperaturas también son inferiores; posee, asimismo, un promedio de densidad inferior al de la Tierra. Estas circunstancias parecen combinarse para sugerir que Marte debe ser menos activo geológicamente que la Tierra y la Luna. Pero incluso en la Luna, objeto mucho más pequeño que Marte, con temperaturas internas inferiores a las de este planeta, al parecer existe una actividad volcánica tal y como lo han descubierto las misiones Apolo. Aún hoy no comprendemos la conexión que pueda haber entre el

tamaño y estructura de un planeta y la presencia de montañas y actividad volcánica, aunque sabemos que en la Luna no hay importantes cordilleras.

Nuestra actual ignorancia sobre este tema, por supuesto, casi deja de ser tal comparada con la ignorancia de los primeros astrónomos planetarios, quienes hace menos de un siglo contemplaban el firmamento mediante pequeños telescopios tratando de averiguar a qué distancia se hallaba Marte. Uno de los primeros astrónomos que se preocupó por el tema de las montañas de Marte, fue Percival Lowell. Este creía (véase capítulo XV) haber hallado pruebas de la existencia de una extensa red de líneas rectas que cruzaban la superficie marciana con notable regularidad y dirección, y que solo habían podido ser producidas por una raza de seres inteligentes en aquel planeta. Creía que estos «canales» transportaban agua. Ahora sabemos que el problema o, más bien, sus conclusiones obedecían más a su lógica personal que a sus observaciones; ninguno de los *Mariner* ni tampoco otras recientes observaciones de Marte han demostrado la existencia de tales canales lowelianos.

En la última década del pasado siglo, Lowell sugirió que Marte no debía tener montañas, porque estas serían un grave obstáculo para la construcción de canales. Pero seguramente una raza que podía construir tan enorme red de canales también podría suprimir o evitar una montaña mal situada.

Sin embargo, Lowell se hallaba entre los primeros astrónomos en aplicar auténticas pruebas de observación al problema de la existencia de montañas en Marte. Miró más allá del límite de iluminación. Este límite de iluminación es la línea —aguda o, más bien, algodonosa, dependiendo siempre de la ausencia o presencia de una atmósfera planetaria— que separa el día de la parte nocturna de un planeta. El límite de iluminación se mueve alrededor del planeta una vez al día —el día planetario local—, pero si hay montañas en el lado oscuro del límite de iluminación, las montañas recibirán los rayos del sol poniente cuando sus valles adyacentes estén sumidos en la oscuridad. Galileo empleó primero esta técnica para descubrir lo que él llamó las montañas de la Luna, aunque las montañas lunares son principalmente enormes fragmentos de piedra que cayeron del cielo en las fases finales de Ja formación de la Luna más que montañas del tipo terrestre, que, como ya hemos dicho, se produjeron debido a una actividad geológica interior.

Lowell y sus colaboradores hallaron casos de brillantes proyecciones más allá del límite de iluminación, producidas por los rayos del sol poniente. Pero cuando calcularon sus altitudes —tarea fácil para cualquier experto en geometría a nivel de segunda enseñanza— se encontraron con que tales

montañas medían decenas, muchas decenas de miles de metros de altura. Tales elevaciones en Marte le parecieron absurdas a causa de su teoría de los canales. Además, al día siguiente —el día en Marte tiene exactamente igual duración que en la Tierra— cuando tal característica se observó nuevamente, su posición había cambiado. Este proceder o comportamiento es muy característico en montañas de cualquier origen, y Lowell llegó a la correcta conclusión de que había visto tormentas de polvo durante las cuales las finas partículas de la superficie marciana habían ascendido a muchísimos miles de metros en la atmósfera de Marte.

Tales tormentas de polvo también se observan cuando contemplamos a través del telescopio la parte iluminada de Marte. Algunas veces vemos que la configuración característica de marcas brillantes y oscuras en el planeta se oscurece temporalmente. Hay una intrusión de materia brillante en la zona oscura seguida de una reaparición de la antigua configuración. Estos cambios se interpretaron en la época de Lowell como tormentas de polvo que estallaban en las zonas iluminadas, oscureciendo todavía más las ya oscuras áreas adyacentes. La interpretación actual, basada en las detalladas observaciones de largo alcance del *Mariner 9*, confirman este punto de vista (véase capítulo XVI).

Lowell y sus contemporáneos denominaron a las áreas brillantes «desiertos», y esto también parece ser exacto. Los lowelianos se preocuparon por el problema de si tales zonas brillantes o iluminadas tendían a estar más altas o más bajas que las zonas oscuras, aunque se esperaba que la diferencia de esta elevación fuese extremadamente pequeña. Una zona oscura vista en el limbo iluminado o borde del planeta parecía ser una muesca o depresión; pero esto podía entenderse simplemente en términos de la oscuridad de la zona oscura: si estuviese oscura contra un cielo oscuro no la veríamos en absoluto. Podríamos obtener la impresión errónea de que se trataba de una muesca o depresión. La opinión predominante entre los astrónomos parece haber sido que las zonas oscuras estaban ligeramente más bajas que las brillantes o iluminadas, pero esta diferencia fue calculada por Lowell como de solo un kilómetro o menos.

En 1966 volví a examinar este problema con el doctor James Pollack. Recurrimos a dos principales argumentos. Marte tiene en su hemisferio de invierno un gran casquete polar que, de vez en cuando, se ha atribuido a la presencia de agua congelada o anhídrido carbónico helado. Incluso en la actualidad se ignora su composición. Probablemente se hallen presentes ambas sustancias. Cuando el casquete polar se retira en cada hemisferio una

vez al año, hay regiones donde queda hielo atrás. Más tarde, cuando el hielo abandona estas zonas, resultan mucho más brillantes que sus alrededores. Por analogía con la Tierra, podríamos suponer que sean zonas montañosas que permanecen heladas cuando se han fundido o evaporado las nieves de los valles. Y, desde luego, una región polar marciana —las llamadas montañas de Mitchell— se ha identificado como montañosa solo mediante este razonamiento.

Pero ¿por qué las montañas terrestres son los últimos lugares que quedan libres de nieve? Porque a medida que ascendemos hace más frío, como saben todos los montañeros. Pero ¿por qué la temperatura se va haciendo cada vez más fría a medida que ascendemos? ¿Acaso pueden aplicarse a Marte estos razonamientos que en la Tierra hacen que las cimas de las montañas sean más frías que sus bases?

Llegamos a la conclusión de que todos los sectores que en la Tierra hacen que el frío sea más intenso a medida que ascendemos, no se podían aplicar a Marte en modo alguno, principalmente porque en Marte la atmósfera está muy enrarecida. Pero los vientos, en Marte, deben ser más fuertes en las cimas de las montañas que en los valles, al igual que en la Tierra. Esta no es una conclusión por analogía, sino que se basa en la física idónea. Por tanto, imaginemos que los fuertes vientos barren la nieve en las cimas de las montañas marcianas y que las zonas brillantes que retienen el hielo, en Marte, son o están, por consiguiente más bajas.

Nuestra segunda línea de ataque se basó en las observaciones de Marte hechas por radar, las cuales se iniciaron a mediados de 1960. Había una prueba que inmediatamente nos llamó la atención. Cuando la pequeña parte central de la señal del radar se situaba directamente sobre una zona oscura de Marte, únicamente regresaba a la Tierra una fracción muy pequeña de la señal del radar. Pero cuando una zona brillante y adyacente, a un lado u otro de esta región oscura, se situaba bajo el centro de la señal del radar, el reflejo era mucho más fuerte. Esto podía entenderse si la zona oscura era mucho más alta o mucho más baja que la zona brillante adyacente. A juzgar por esta preliminar prueba de radar, concluimos que ya se tratara de una u otra de estas dos alternativas, las zonas oscuras tenían que hallarse sistemáticamente altas en Marte. Llegamos a la conclusión de que existían en Marte grandes diferencias de elevaciones, en algunos casos hasta 18 km entre zonas oscuras y brillantes. Las laderas solo mostraban unos pocos grados de inclinación, y tanto las diferencias de elevación como las laderas se podían comparar con las de la Tierra, aunque las elevaciones parecían ser mayores que aquí. La noción

de que los desiertos generalmente eran tierras bajas pareció ser compatible con la noción de que en los valles bajos la fina arena y el polvo se acumulaban, mientras que en las cimas de las montañas —donde los vientos eran más fuertes— no había ninguna partícula pequeña, brillante, o fina.

En los pocos años que siguieron a nuestro análisis, se hicieron estudios de radar más detallados, principalmente por un grupo de científicos en el Haystack Observatory, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, dirigido por el profesor Gordon Pettengill. Por primera vez fue posible realizar medidas de altitud mediante radar directo. En lugar de emplear nuestros argumentos indirectos, la tecnología había alcanzado ya un punto en el cual era posible medir cuánto tardaba la señal de radar en llegar a Marte y regresar aquí. Aquellos lugares de Marte desde donde la señal de radar tardaba más en regresar se hallaban más lejos de nosotros, y, por tanto, más altos. De esta manera se construyeron los primeros mapas topográficos de algunas regiones seleccionadas de Marte. Las diferencias máximas de elevación y laderas eran, aproximadamente, las que habíamos calculado nosotros con medios mucho más indirectos.

Pero las zonas oscuras no parecían ser necesariamente más altas que las iluminadas. Pettengill y sus colegas descubrieron que una región brillante de Marte llamada Tarsis era muy alta, probablemente la región más alta localizada en el planeta. Una zona circular y brillante, marciana, llamada Helas, resultó que era muy baja a juzgar por las observaciones llevadas a cabo con posterioridad, sin radar. Sin embargo, otro lugar parecido, llamado Elysium, también grande y brillante, se descubrió que era alto. La zona marciana más oscura, Syrtis Major, resultó ser una ladera bastante pendiente.

¿Por qué Pollack y yo teníamos razón solo parcialmente? Debido al llamado Occam’s Razor, principio usado con frecuencia en el terreno de la ciencia, pero que no es infalible. El Occam’s Razor recomienda que, cuando uno se enfrenta a dos hipótesis igualmente buenas, debemos elegir la más sencilla. Habíamos supuesto que las zonas oscuras eran, bien sistemáticamente altas o sistemáticamente bajas. Si este fuera el caso, las zonas oscuras tenían que ser necesariamente altas. Pero este no es el caso; las zonas oscuras pueden ser o altas o bajas. Nuestras conclusiones tan solo reflejaron nuestras suposiciones.

Pero me siento muy complacido de que hayamos podido, mediante la lógica y la física, alcanzar parte de la verdad y demostrar que hay enormes diferencias de elevación en Marte, elevaciones muchísimo más grandes de lo que sospechó Lowell. Encuentro más difícil, pero más divertido, obtener la

respuesta correcta mediante razonamiento indirecto y antes de que todas las pruebas estén en el bolsillo. Es lo que hace un teórico en la ciencia. Pero las conclusiones a que se llegan de esta forma son, evidentemente, más arriesgadas que las que se obtienen a través de una medida directa, hasta el punto de que la mayoría de los científicos se reservan sus juicios o criterios hasta que disponen de pruebas más directas y más seguras. La principal función de semejante tarea detectivesca —aparte de entretener al teórico— es, quizás, encolerizar y molestar a los «observadores», para que así se vean obligados, en plena furia de incredulidad, a poner en práctica medidas críticas.

II. Observaciones desde el espacio

El épico vuelo del *Mariner 9* a Marte, en 1971, dio lugar a un nuevo conjunto de medidas directas y definitivas relacionadas con las montañas y elevaciones de Marte. Se han confeccionado algunos mapas de los terrenos elevados de Marte, mapas moderadamente completos, como resultado de los experimentos llevados a cabo por el *Mariner 9* con su espectrómetro ultravioleta, espectrómetro infrarrojo y otros instrumentos de enorme precisión. Pero la información más sorprendente acerca de las montañas de Marte se debe al experimento de la televisión.

Las primeras fotografías que el *Mariner 9* envió de Marte, obtenidas incluso antes de la inserción orbital el 14 de noviembre de 1971, mostraban un planeta casi sin rasgos característicos. Apenas se distinguía el casquete polar sur, pero las marcas oscuras y brillantes que se habían visto y debatido durante un siglo no se observaban por parte alguna. Esto no era un fallo de la cámara de televisión, sino más bien el resultado de una espectacular tormenta de polvo en todo el planeta, que se había iniciado a últimos de setiembre y no cesaría hasta principios de enero.

Las primeras fotos preorbitales y los primeros días de fotografías orbitales tampoco mostraron significativos detalles excepto en la región de Tarsis. Aquí, había cuatro lugares oscuros y un tanto irregulares, tres de ellos situados en línea casi recta y extendiéndose desde el Nordeste al Sudoeste; el cuarto estaba alejado de ellos y hacia el Oeste. Por otra parte, como no había en el planeta nada más visible, dediqué alguna atención a estos lugares en las primeras fases de la misión, tanta atención que durante cierto tiempo fueron conocidos con el nombre de «Carls Marks» por varios de mis ingeniosos

compañeros de investigación. A mi vez, propuse llamarles Harpo, Groucho, Chico y Zeppo, pero todo esto ocurrió antes de que se estableciese su significado.

El lugar que aparecía aislado correspondía por su posición con la clásica característica marciana llamada Nix Olympica, en recuerdo de las Nieves del Olimpo, morada de los dioses. Los otros tres lugares no parecían corresponder a ningún rasgo característico o más familiar de la superficie de Marte. Pero Bradford Smith, astrónomo de la Universidad del Estado de Nuevo México, señaló que correspondían (como Nix Olympica) a lugares en Marte que muestran iluminación local a mediodía observados desde la Tierra. En algunas de las fotografías telescópicas de Smith, obtenidas con un filtro violeta azul y cuando no había tormentas de polvo en Marte, estos cuatro lugares aparecían como lugares blancos muy brillantes, aun cuando el contraste entre las zonas normalmente brillantes y oscuras era muy pequeño y las marcas corrientes de Marte no se distinguían (situación usual cuando se ve a Marte bajo luz violeta o azul en lugar de roja o anaranjada). ¿Acaso estaríamos observando alguna especie de nubes oscuras en medio de una tormenta de polvo, en lugares donde se encontraban normalmente nubes brillantes?

Otro experimentador, William Hartmann, de Science Applications, Inc., Tucson, Arizona, trabajó con una computadora ampliando y contrastando las fotografías originales de los cuatro lugares y encontró débiles indicios de regiones circulares centrales, en por lo menos dos de ellas. Por supuesto, las fotografías tomadas por los *Mariner 6* y *7* de Nix Olympica, en 1969, mostraban indicios similares.

El dios de la lluvia, en el friso del Templo del Sol, en San Juan Teotihuacán, México. (Fotografía del autor).

Por entonces, la extensión y gravedad de la tormenta de polvo se había hecho más que evidente y, en consecuencia, hubo que demorar nuestra

proyectada misión de trazar el mapa del planeta mediante la ayuda del *Mariner 9*. La nave espacial demostró poseer enorme capacidad para tomar fotografías e incluso primeros planos de los cuatro lugares en cuestión. Estos experimentos fueron posibles porque el *Mariner 9* poseía, a la vez, formidable capacidad de adaptación. La plataforma sobre la cual iban las cámaras podía orientarse hacia cualquier punto que se deseara en Marte, y el personal técnico del *Jet Propulsion Laboratory* del Instituto de Tecnología de California pudo cambiar sus planes con la suficiente rapidez para ajustarse a las nuevas necesidades científicas de la misión. Debido al diseño del artilugio espacial y a la adaptabilidad de sus controladores, comenzaron a llegar los primeros planos de los cuatro lugares.

Cada uno de ellos tenía un centro vagamente circular. Había segmentos paralelos y arqueados. Asimismo había una especie de concha. Todas estas características aparecían un tanto oscuras destacándose contra unos brillantes alrededores, correspondiendo a la apariencia oscura de los lugares vistos al principio en baja resolución.

Las formas particulares que habíamos visto en las primeras fotografías carecían de significado para mí. Pero me sentí muy sorprendido por el hecho de que estos rasgos circulares se daban en Tarsis, la región más allá de Marte. Estos rasgos eran cráteres. ¿Por qué les veíamos y virtualmente no observábamos otros rasgos o características marcianas? Porque deben ser las regiones más altas de Tarsis, zona ya enormemente elevada. Los cuatro lugares, por tanto, me parecieron grandes montañas que asomaban a través del polvo. Entonces propuse que, a medida que fuera pasando el tiempo y se calmasen las tormentas de polvo (debido a la experiencia con otras tormentas globales en Marte, experiencia con décadas de observación, sabíamos que las tormentas de polvo se irían calmando gradualmente), observásemos con más atención estas montañas, incluso hasta sus bases. Por otra parte, llegué a pensar en que podríamos trazar mapas topográficos de las mismas cuando el polvo se asentara. Por desgracia, vimos que el asentamiento del polvo era operación muy irregular y esta sugerencia no dio ningún fruto.

Los geólogos, miembros del equipo de televisión del *Mariner 9*, como Harold Masursky y John McCauley, de la U. S. Geological Survey, se encariñaron inmediatamente de la *forma* de los cráteres y muy pronto les identificaron —por analogía con características similares de la Tierra— como grandes amontonamientos volcánicos con calderas en la cumbre. Yo siempre he desconfiado de argumentos o alegatos basados en analogías terrestres. Después de todo, Marte es otro lugar. En cuanto a lo que sabíamos —o, al

menos, en cuanto a lo que yo sabía—, creíamos que allí podían darse procesos geológicos muy diferentes, y que las características similares a las de la Tierra podían producirse por muy diversas causas.

Sin embargo, y siguiendo una ruta diferente, llegué a la misma conclusión que los geólogos: solo conocemos dos procesos capaces de producir cráteres: el impacto de restos interplanetarios (origen, por ejemplo, de la mayor parte de los cráteres de la Luna) y el vulcanismo. Sería mucho pedir esperar que los grandes meteoritos o pequeños asteroides que «cavaron», por así decirlo, cuatro de los mayores cráteres de impacto en Tarsis fueran lo suficientemente «inteligentes» como para caer sobre la cima de las cuatro montañas más altas de Tarsis. Mucho más plausible es la idea de que el mecanismo que hizo la montaña hizo también el cráter. El mecanismo se llama vulcanismo.

A medida que la tormenta de polvo fue amainando, se hizo mucho más clara la auténtica magnitud de estas cuatro montañas volcánicas. La más grande de ellas, la Nix Olympica, mide 400 km de un lado a otro, mayor que cualquiera de características similares de la Tierra, como, por ejemplo, las islas Hawai. No se han determinado aún las alturas de los lugares en cuestión, pero parecen tener entre 9 000 y 18 000 m sobre el nivel del planeta. (No podemos hablar de nivel del mar en Marte, porque no hay —al menos por ahora— ningún mar allí). Desde entonces se han descubierto una docena más de volcanes en otras regiones de Marte.

El radiómetro infrarrojo del *Mariner 9* no mostró señales de la presencia de lava caliente en las calderas de los cráteres. Por otra parte, su aspecto fresco y la casi total ausencia de cráteres producidos por meteoritos en sus laderas demostraban ser objetos muy jóvenes, geológicamente hablando, quizá no tendrían más de unos cuantos centenares de millones de años o acaso un poco más jóvenes.

La asociación de nubes con estas montañas volcánicas podía deberse a una salida contemporánea de gases de las calderas, vapor, por ejemplo, expulsado por las «troneras» volcánicas. Pero parece más probable que las nubes se encuentren sobre la cima de estas montañas, precisamente porque estas montañas son tan altas. Una imaginaria parcela de aire marciano que ascienda por la ladera de la montaña se extiende y enfría. (El aire se enfría cuando ascendemos en la atmósfera marciana. Pero, como el aire está tan enrarecido en Marte, no puede cambiar bien el calor con la superficie; así la *superficie* no se enfría cuando ascendemos por una montaña en Marte, como ya hemos dicho anteriormente). Cuando la temperatura en la zona de aire desciende por debajo del punto de congelación del agua, todo el vapor de

agua contenido en ella se condensa formando cristales de hielo. La cantidad de vapor de agua que sabemos existe en la atmósfera marciana, las alturas de las montañas y la cantidad de pequeños cristales de hielo necesarios para producir una nube visible, parecen unirse y formar un conjunto que explique de forma racional las nubes que hay sobre las montañas de Marte.

El reciente vulcanismo de Marte implica salida de gases, sean o no señales de tal fenómeno las nubes que vemos en la cima de estos volcanes. Cuando la lava caliente fluye a la superficie, lleva consigo una importante cantidad de gas, en la Tierra, principalmente agua, pero acompañada de otra importante cantidad de diversos materiales. Así, los volcanes que vemos en Marte han debido contribuir, en gran medida, a la formación de la atmósfera marciana. En parte, al menos, el aire ha salido por estos orificios al exterior. Como Marte es hoy tan frío, el agua puede estar como atrapada de muchas formas, como, por ejemplo, en forma de hielo, y no abundar en la atmósfera. Es probable que estos volcanes hayan producido mucho más gas que el que vemos hoy día en la atmósfera marciana. Si hay vida en Marte, seguramente debe basarse en el cambio de material con la atmósfera, igual que en la Tierra, donde predomina el ciclo de fotosíntesis de las plantas y la respiración animal. Si hay vida en Marte, estos volcanes pueden, al menos indirectamente, haber desempeñado un importante papel en su actual desarrollo.

Cuando la tormenta de polvo amainó, se situó al *Mariner 9* en una órbita más alta para facilitar el trazado de los mapas geológicos. La nave espacial trabajó muchísimo más de lo que esperaban sus diseñadores. Los mapas geológicos así acabados revelan una enorme formación de cordilleras longitudinales que rodean la Meseta de Tarsis, como si una tercera o cuarta parte de toda la superficie de Marte se hubiera quebrado durante algún colosal fenómeno geológico reciente que alzó a Tarsis. La más espectacular de estas características, casi longitudinales, es un enorme valle que en forma de quebrada se halla en una región llamada Coprates. Es casi tan largo como la mayor quebrada de la Tierra, la situada en el Este de África y que recorre toda la costa africana hasta el mar Muerto. Como Marte es un planeta más pequeño, la quebrada de Coprates (que algunos llaman valle de Coprates) es, hablando comparativamente, un rasgo muchísimo más impresionante.

La quebrada del África Oriental se da porque los fondos marinos se expanden y por la llamada deriva continental. Los continentes africano y asiático están apartándose lentamente uno de otro, y el vacío o grieta que dejan es dicha quebrada. Pero la deriva continental se cree que obedece a la

lenta circulación de material en el manto de la Tierra. Entonces, ¿hemos de creer que Marte, a pesar de su tamaño más pequeño y temperaturas internas más bajas, también sufre difusión de calor y deriva continental? ¿O es posible que diferentes procesos provoquen características similares en los dos planetas?

Sea cual fuere la respuesta, no nos queda más remedio que saber muchas cosas más relacionadas con la ciencia de la geología aquí en la Tierra, con sus futuras disciplinas prácticas, como la predicción de los terremotos y el control de nuestro vecino planeta Marte, examinando y estudiando su geología.

CAPÍTULO 15

LOS CANALES DE MARTE

EN 1877 (COMO EN 1971) EL PLANETA MARTE se hallaba a una distancia de la Tierra de 99 millones de kilómetros[5]. Los astrónomos europeos con telescopios recientemente perfeccionados se preparaban para lo que era entonces la más cuidadosa observación de nuestro vecino planetario hecha por el hombre. Uno de ellos era Giovanni Schiaparelli, italiano de Milán y pariente del actual modista y perfumista.

En general, la vista o espectáculo que ofrecía Marte a través de aquellos telescopios era borrosa e interrumpida por la variable turbulencia de la atmósfera terrestre que los astrónomos llaman «visión». Pero había momentos en los que la atmósfera de la Tierra se aclaraba y parecía observarse con más detalle el disco de Marte. Schiaparelli quedó atónito al ver una red de líneas finas y rectas que cubrían el disco del planeta. Llamó a estas líneas *canali*, que en italiano significa «canales». Sin embargo, *canali* se tradujo al inglés como tales canales, palabra que implicaba clara imputación de diseño[6].

Las observaciones de Schiaparelli fueron a parar a manos de Percival Lowell, diplomático destinado en Chosen, la actual Corea. Hermano del rector de la Universidad de Harvard y de un personaje aún más famoso, la poetisa Amy Lowell (quien también era famosa por fumar pequeños cigarros puros), Lowell fundó en Flagstaff un observatorio privado para estudiar al planeta Marte. Vio los mismos canales que había observado Schiaparelli. Amplió su descripción y elaboró una explicación.

Lowell llegó a la conclusión de que Marte era un planeta o mundo moribundo, en el cual había existido vida adaptada a los peligros del planeta en cuestión. El principal de estos peligros era la escasez de agua. Lowell imaginaba que la civilización marciana había construido una extensa red de canales para transportar agua desde los casquetes polares hasta los lugares habitados en zonas más ecuatoriales. El punto más sólido del razonamiento se basaba en la rectitud de los canales, algunos de ellos describiendo grandes círculos durante miles de kilómetros. Lowell pensaba que tales configuraciones geométricas no se podían producir por procesos geológicos.

Las lineas eran demasiado rectas. Únicamente podían ser obra de la inteligencia.

Esta es una conclusión con la cual todos podemos estar de acuerdo. La diferencia está en cuál de los dos lados del telescopio estaba la inteligencia. Lowell creía que aquellas líneas eran auténticos canales de irrigación construidos por los habitantes de Marte para combatir la escasez de agua. Muchos de los astrónomos más famosos que observaron Marte entre finales del siglo y el amanecer de la era espacial hallaron que, aun cuando podían ver los canales en buenas condiciones visuales, sin ser excelentes, en algunos raros momentos podían también distinguir algunos detalles curiosos de los mismos.

Entonces se descubrió que por lo menos la mayor parte de los casquetes polares eran dióxido de carbono sólido y no agua helada. La presión atmosférica era mucho menor que en la Tierra. Se halló imposible la existencia de agua líquida. Se descartó la idea de que hubiese formas de vida y canales en Marte. Y sin embargo…

Cuando en 1971 amainó la tormenta de polvo, el *Mariner 9* comenzó a fotografiar una región llamada Copra tes por los observadores clásicos. Coprates era uno de los grandes *canali* descubiertos por Lowell, Schiaparelli y sus seguidores. Hacia el final de la tormenta de polvo, Coprates resultó ser un enorme barranco, más que un valle, que se extendía a lo largo de 5000 km de Este a Oeste cerca del ecuador marciano. En algunos puntos medía 40 km de anchura y 1800 m de profundidad. No era perfectamente recto; por supuesto, no se trataba de ninguna obra de ingeniería, pero era una vasta garganta mucho más grande que cualquier similar de la Tierra.

Y como partiendo de Coprates había rasgos que sin duda alguna eran muy curiosos, sinuosos canales que parecían serpentear a través de las tierras altas sobre la quebrada de Coprates y de los que a su vez partían bonitos afluentes. Si tales canales se hubieran visto en la Tierra, sin duda alguna se hubiesen atribuido a corrientes de agua. Pero en Marte las presiones en la superficie son tan bajas que el agua líquida se evaporaría instantáneamente, del mismo modo que, al ser las presiones de la Tierra tan bajas, el anhídrido carbónico se evapora inmediatamente. En la Tierra tenemos anhídrido carbónico sólido y anhídrido carbónico gaseoso, pero no anhídrido carbónico líquido. En Marte, esta ausencia de la fase líquida es tan cierta como la carencia de agua.

Pero a medida que el *Mariner 9* continuó realizando su misión fotográfica se descubrieron muchos más canales. Canales con sistemas tributarios de segundo y tercer orden, canales sin un cráter en su inicio o final, canales con

una especie de islas en su parte central y canales con final trenzado, como los abiertos en la Tierra mediante inundaciones de tipo regular.

Gran radiotelescopio de la Cornell University en Arecibo, Puerto Rico. (Cortesía del National Astronomy and Ionosphere Center).

Existen ya muy pocas dudas de que la mayor parte de los canales más largos (algunos miden centenares de kilómetros de longitud) y muchísimos otros más pequeños fueron abiertos por agua corriente. Pero como en la actualidad no puede haber en Marte agua líquida, tales canales debieron haber sido trazados en una época anterior de la historia marciana, cuando las presiones totales eran más elevadas, las temperaturas más altas y también mayor la disponibilidad de agua.

Los canales revelados por el *Mariner 9* hablan por sí mismos y de manera elocuente de la posibilidad de formidables cambios climáticos en Marte. Desde este punto de vista, Marte se encuentra hoy en el umbral de una era de hielo, pero en el pasado —nadie sabe cuándo— disfrutó de condiciones mucho más benignas y más parecidas a las de la Tierra. Las razones de tales cambios climáticos se debaten aún hoy día acaloradamente. Antes del lanzamiento del *Mariner 9* sugerí que tales cambios climáticos conducentes a episodios de agua líquida podrían ocurrir en Marte. Podrían ser impulsados por la precesión de los equinoccios, movimiento bien conocido, análogo a la precesión lenta y derivada de una cúspide que gira rápidamente. Los períodos anteriores en Marte se aproximan a los cincuenta mil años. Si ahora estamos en un invierno precesional, con extenso casquete polar en el Norte, hace veinticinco mil años puede haberse dado el invierno precesional con extenso casquete polar en el Sur.

Pero hace doce mil años es probable que haya sido la época de primavera y verano precesionales. La atmósfera densa de aquella época se halla ahora como encerrada en los casquetes polares. Hace doce mil años quizá reinaran en Marte temperaturas deliciosas, noches suaves y el sonido del agua deslizándose por innumerables riachuelos para unirse a caudalosos ríos. Algunos de estos ríos probablemente desembocaron en la gran quebrada de Coprates.

De ser así, hace doce mil años quizás hubo una vida en Marte muy similar a la de la Tierra. Si yo fuese un organismo en Marte, limitaría mis actividades a los veranos precesionales y cerraría la tienda en los inviernos precesionales, como lo hacen muchos organismos en la Tierra durante nuestros inviernos mucho más cortos. Yo haría esporas; haría formas vegetativas; me sumiría en reposo criptobiostático; invernaría, vegetaría, hasta que hubiese terminado el largo invierno. Si esto es realmente lo que hacen los organismos marcianos, puede que estemos llegando a Marte con una anticipación de doce mil años, ¡o demasiado tarde!

Pero hay una manera de intentar probar estas ideas. Una de las formas en que los hipotéticos organismos marcianos sabrían que ha llegado la primavera precesional es por la reaparición del agua líquida. Por tanto, como Linda Sagan ha mencionado, la receta para poder detectar vida en Marte es «añadir agua». Y esto es justamente lo que harán los experimentos biológicos del *Vikingo* de los Estados Unidos, programado para aterrizar en Marte, en busca de microbios. Un brazo automático dejará caer dos pequeñas muestras del suelo marciano en agua líquida. Una tercera muestra se insertará en una cámara sin ningún agua líquida. Si los dos primeros experimentos dan resultados biológicos positivos y el tercer experimento no, entonces habrá que apoyar esta idea de que los organismos marcianos están esperando a que termine el largo invierno.

Pero es perfectamente posible que los diseños de estos experimentos hayan sido demasiado chauvinistas en el aspecto terrenal. Pueden existir organismos marcianos que disfruten con el actual medio ambiente y estén inmersos en agua líquida. La idea de unos organismos marcianos con el aspecto de bellas durmientes, esperando algo así como un beso húmedo del *Vikingo*, es probablemente una idea absurda o excesivamente fantástica, pero no se puede negar que sea fascinante.

No todos los canales corresponden a las posiciones de los clásicos *canali* dibujados por Lowell y Schiaparelli. Algunos, como Ceraunius, parecen ser cadenas montañosas. Otros se presentan demasiado borrosos como para

dictaminar lo que puedan ser. Pero hay alguno como Coprates, que son enormes quebradas abiertas en el suelo de Marte. Hay canales en Marte. Puede que su origen sea muy diferente al imaginado por Lowell o es posible que no guarden relación alguna con la biología marciana.

Los canales de Lowell no existen, pero los *canali* de Schiaparelli ahí están. Más o menos, se pueden ver. Es probable que en el futuro, cualquier día, se llenen los canales de agua una vez más, e incluso se llenen de gondoleros del planeta Tierra.

CAPÍTULO 16

LAS FOTOGRAFÍAS PERDIDAS DE MARTE

EL *MARINER 9*, en su misión a Marte, envió a la Tierra 7232 fotografías que revolucionaron nuestros conocimientos del planeta. Muchos centenares de estas fotos se dedicaron al estudio de características variables y a los cambios de tiempo en las relativas configuraciones de marcas oscuras y brillantes en la superficie del planeta que ahora se sabe son provocadas por el polvo arrastrado por el viento. Encontramos miles de líneas oscuras y brillantes, que se iniciaban en los llamados cráteres por impacto y luego se extendían a lo largo de decenas de kilómetros sobre la superficie marciana. Todas señalaban hacia la dirección de los vientos predominantes. Creemos que son producidas por fuertes vientos, que levantan polvo de los cráteres y después lo depositan sobre la superficie más allá de los terraplenes de tales cráteres. Estas líneas son como indicadores naturales de la dirección del viento y, quizás, anemómetros situados en la superficie marciana para nuestra edificación y delicia. Hemos descubierto retazos o manchas oscuras e irregulares en el interior de los cráteres que tienden a formarse en las paredes de sotavento de los cráteres. Así, las manchas y las líneas se convierten en indicadores de la dirección de los vientos. Algunas de las manchas demostraron ser, de acuerdo con el *Mariner 9*, enormes campos de dunas de arena paralelas.

Hemos descubierto muchos casos de líneas oscuras y manchas que varían notablemente en extensión y trazado. Las posiciones y variantes de estas características oscuras se corresponden perfectamente con las clásicas marcas oscuras de Marte, observadas por los astrónomos durante más de un siglo, manchas que entonces se atribuían, por su variación, a cambios en la vegetación del planeta debidos a las estaciones. Pero nuestro *Mariner 9*, sin duda alguna, ha demostrado que tales cambios y variaciones tienen un origen más meteorológico que biológico.

Esto, por supuesto, no excluye la vida en Marte. Simplemente significa que, si hay vida en Marte, no es fácil descubrirla a distancias interplanetarias. Lo mismo se puede asegurar en el caso opuesto. La evidencia fotográfica de vida en la Tierra durante el día desde Marte es imposible, como así lo hemos comprobado estudiando varios miles de fotografías orbitales de nuestro

propio planeta. Pero las manchas y líneas que tanto varían en la superficie marciana son un nuevo fenómeno realmente emocionante que exige un estudio mucho más amplio.

Como los cambios marcianos se dan muy lentamente, fue preciso que transcurriesen largos intervalos de tiempo entre dos fotografías de la misma región, con objeto de ver qué cambios se habían operado durante ese tiempo. Al final de la misión las cámaras del *Mariner 9* habían tomado, con pleno éxito, quince fotografías de regiones, en Syrtis y Tarsis, fotos muy importantes para comprender las variaciones de tan largo plazo. Pero cuando llegó el momento de orientar la antena principal del *Mariner* hacia la Tierra, para poder transmitir estas fotografías mediante la grabadora de la sonda espacial, se había agotado ya el llamado gas de control de posición. La sonda espacial había agotado literalmente su combustible.

Un año antes de que se iniciara la misión del *Mariner 9*, se sugirió la posibilidad de que la sonda espacial se quedase sin gas de control en algún momento. Se propuso entonces una solución: que los depósitos de propulsión se conectaran con el sistema de gas de control, una especie de anastamosis espacial. El exceso de gas de propulsión podría usarse para el control de posición en el caso de que se agotara el nitrógeno de control. Se rechazó esta posibilidad, principalmente a causa del gasto que implicaba. Hubiese costado 30 000 dólares, pero nadie esperaba que el *Mariner 9* durase lo suficiente como para agotar del todo su gas de control de posición. Su vida oficial era de noventa días, pero duró casi todo un año. Los ingenieros se habían mostrado demasiado conservadores al valorar su magnífico producto.

Mirando hacia atrás, el problema parece presentarse como de una falsa economía. Con un adecuado suministro de gas de control de posición, la sonda espacial podría haber durado otro año en órbita alrededor de Marte. Se hubiesen comprado 150 millones de dólares de ciencia por 30 000 dólares de tuberías. Si hubiésemos sabido que la sonda espacial moriría por falta de nitrógeno, estoy casi seguro de que los científicos planetarios que trabajaron en ella habrían reunido como fuera los 30 000 dólares necesarios.

De hecho, hay muchas dificultades de este tipo en el programa espacial, detalles en los que la adición de una pequeña suma de dinero puede aumentar enormemente el beneficio científico de cualquier misión. Pero la NASA, seriamente limitada en lo que concierne a presupuestos por el Congreso, la Casa Blanca y el Departamento de Dirección y Presupuestos, nunca dispone de semejantes cantidades adicionales. Si fuese posible hallar un generoso

donante, no cabe la menor duda de que a tal ayuda sí podría llamársele filantropía privada.

Pero estas no dejan de ser vanas e inútiles meditaciones. No se llevó a cabo ninguna anastamosis y, en consecuencia, no hubo *play-back* de la grabadora. Allí, en esa grabadora que aún posee el *Mariner 9*, hay quince fotografías vitales del planeta. Jamás llegarán a la Tierra a través del *Mariner 9*. También ha perdido ya fuerza solar. La luz del sol ya no se puede convertir en electricidad en sus cuatro grandes paneles solares, y no hay forma de reactivarlos. Puede que jamás sepamos cuál era el aspecto de Tarsis y de Syrtis a principios de noviembre de 1972, vistos desde la órbita marciana.

O quizá sí. El *Mariner 9* se halla en una órbita que desciende muy lentamente en la atmósfera marciana. Pero tal descenso es tan lento que la sonda espacial no se estrellará contra Marte por lo menos durante medio siglo. Antes de ese momento, se realizarán vuelos orbitales dirigidos por el hombre alrededor de Marte. Incluso en la actualidad se realizan con toda pulcritud maniobras de acercamiento y acoplamientos espaciales, y así, probablemente por el año 1990, cuando se lleve a cabo una gran exploración humana de Marte habrá una cita espacial con el *Mariner 9*. La vieja y vapuleada sonda espacial pasará a bordo de alguna nave fabulosa y volverá a la Tierra, probablemente para descansar en la Smithsonian Institution. Quizá para impedir que los microorganismos terrestres del *Mariner 9* alcancen Marte, pero acaso también para rescatar y estudiar las quince fotografías perdidas en la misión del *Mariner*.

CAPÍTULO 17

LA EDAD DEL HIELO Y LA CALDERA

EN NUESTRO DIMINUTO PLANETA, girando en una órbita casi circular, a también casi una constante distancia de nuestra estrella, el clima varía algunas veces radicalmente de un lugar a otro. El Sahara es diferente del Antártico. Los rayos del Sol caen directamente sobre el Sahara y oblicuamente sobre el Antártico, originando gran diferencia de temperatura. El aire caliente se eleva cerca del Ecuador y el aire frío desciende cerca de los polos, dando lugar a la circulación atmosférica. El movimiento de la resultante corriente de aire es desviado por el movimiento de rotación de la Tierra.

Hay agua en la atmósfera, pero cuando se condensa, formando lluvia o nieve, el calor pasa a la atmósfera, cambiando el movimiento del aire.

El terreno cubierto por nieve recién caída refleja más luz solar hacia el espacio que cuando está libre de nieve. El terreno se hace aún más frío.

Cuando en la atmósfera hay más vapor de agua o anhídrido carbónico, se bloquea en mayor medida la emisión infrarroja de la Tierra. La radiación de calor no puede escapar de este invernadero atmosférico y, en consecuencia, se eleva la temperatura de la Tierra.

Hay topografía en la Tierra. Cuando las corrientes de aire se deslizan sobre las montañas o penetran en los valles, cambia la circulación.

En un momento cualquiera y en un diminuto planeta, el tiempo, como todos sabemos, es complejo. El clima, al menos en cierta medida, es imprevisible. En el pasado había fluctuaciones climáticas más violentas. Se extinguieron especies enteras, géneros, clases, y familias de plantas desaparecieron totalmente quizás a causa de estos tremendos cambios climáticos. Una de las explicaciones más plausibles acerca de la extinción de los dinosaurios es que eran grandes animales con pobres sistemas termorreguladores; eran torpes para construirse madrigueras y, por tanto, incapaces también de acomodarse a una general declinación de la temperatura.

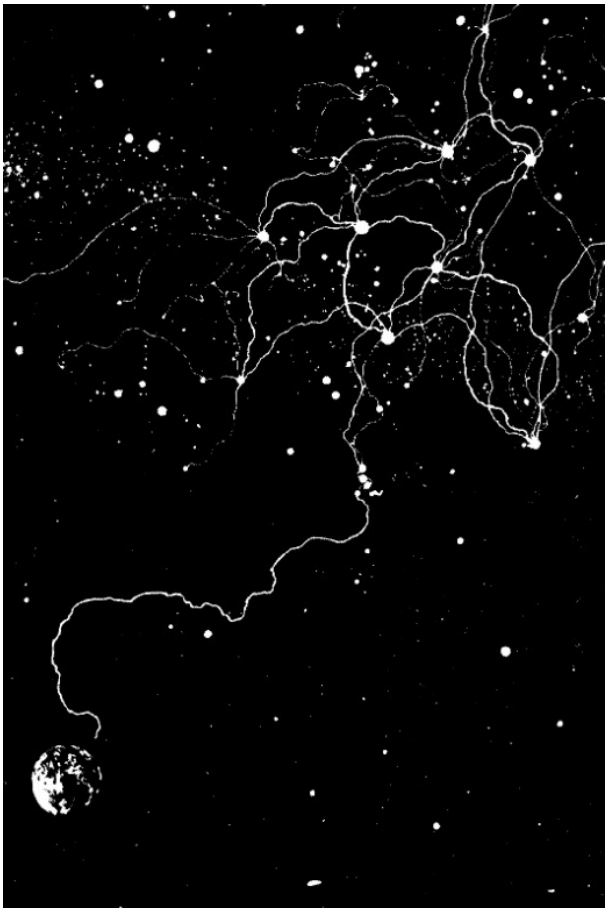
La evolución inicial del hombre está íntimamente relacionada con la aparición de la Tierra tras la vasta glaciación o congelación pleistocénica. Existe todavía una inexplicable conexión entre las inversiones del campo

magnético de la Tierra y la extinción de gran número de pequeños animales acuáticos.

La razón de estos cambios climáticos todavía es objeto de acaloradas controversias. Puede ser que la cantidad de luz y calor que emite el Sol sea variable a nivel de decenas de miles de años o quizá más. Puede ser que el cambio climático se deba a la dirección muy lenta en su cambio, entre la inclinación del eje de rotación de la Tierra y su órbita. Es posible que las reacciones químicas hayan reducido la cantidad de anhídrido carbónico y otras moléculas de la atmósfera y así se haya enfriado la Tierra.

De hecho, hay unas cincuenta o sesenta teorías diferentes sobre las edades de hielo y sobre otros importantes cambios climatológicos en la Tierra. Es un problema de interés intelectual muy importante. Pero hay algo más que esto. La comprensión del cambio climático puede tener profundas consecuencias básicas, porque el hombre está ejerciendo tremenda influencia en el medio ambiente de la Tierra, a menudo en formas que revelan mediocres caminos de pensamiento, malas comprensiones y conveniencias individuales y beneficios económicos a corto plazo, entre los habitantes del planeta.

La polución industrial está agitando enormes cantidades de partículas extrañas en la atmósfera, partículas que poco a poco van rodeando al Globo. Las partículas más pequeñas, inyectadas en la estratosfera, tardan años en caer. Estas partículas aumentan el reflejo de la Tierra y disminuyen la cantidad de luz solar que llega a la superficie. Por otra parte, la quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y la gasolina aumentan la cantidad de anhídrido carbónico en la atmósfera de la Tierra que, a causa de su importante absorción infrarroja, puede aumentar la temperatura terrestre.



Una red de civilizaciones galácticas, en comunicación mutua. Por Jon Lomberg.

Existe una importante gama de efectos que zarandean, por así decirlo, al clima en direcciones opuestas. Nadie entiende del todo estas interacciones. Aunque parece poco probable que la cantidad de contaminación que se considera admisible pueda provocar un importante cambio climatológico en la Tierra, tampoco podemos estar seguros de tal cosa. Es un tópico que bien merece una investigación a nivel internacional.

La exploración espacial desempeña un interesante papel en la prueba de las teorías del cambio climático. En Marte, por ejemplo, hay inyecciones masivas y periódicas de tenues partículas de polvo en la atmósfera, las cuales tardan semanas y a veces hasta meses en caer. Sabemos, por la experiencia del *Mariner 9*, que la temperatura, estructura y clima de Marte cambian notablemente durante tales tormentas de polvo. Estudiando a Marte, podemos comprender mejor los efectos de la contaminación industrial en la Tierra.

Lo mismo ocurre con Venus. He aquí un planeta que parece haber soportado un efecto tránsfugo de invernadero. En su atmósfera ha penetrado una cantidad masiva de anhídrido carbónico, ocultando su superficie de tal manera que al espacio escapa muy poca emisión térmica infrarroja. El efecto

de invernadero ha calentado la superficie hasta 425 °C o más. ¿Cómo se ha dado en Venus este fenómeno? ¿Cómo evitamos que esto ocurra aquí?

El estudio de nuestros planetas vecinos no solo nos ayuda a generalizar el estudio del nuestro, sino que puede proporcionarnos indicios prácticos y hasta relatos que llevan consigo recomendaciones de precaución que todos hemos de leer, si somos lo suficientemente inteligentes y prudentes para entenderlos.

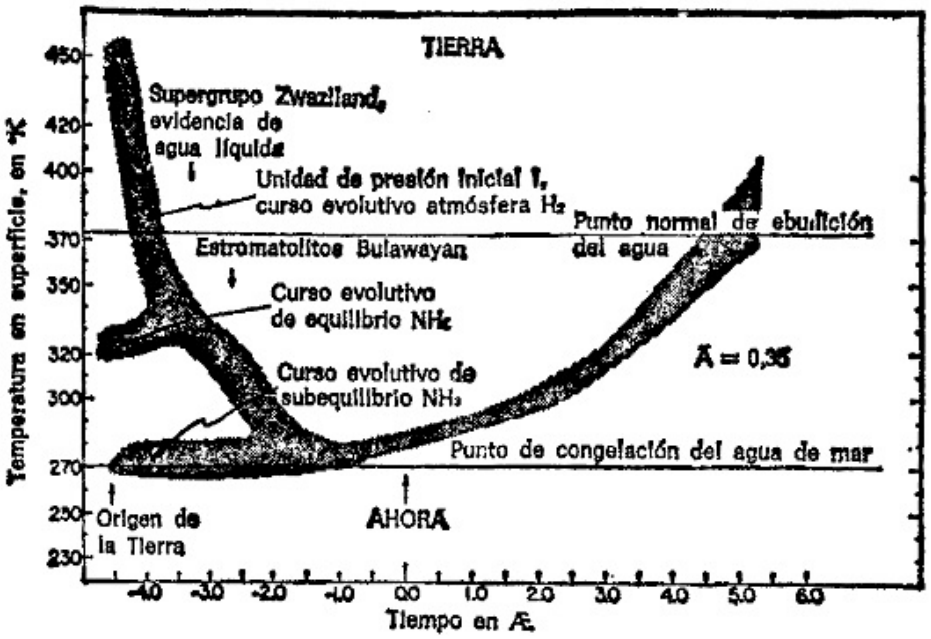
CAPÍTULO 18

COMIENZOS Y FINALES DE LA TIERRA

LAS ESTRELLAS NO POSEEN VIDA ETERNA. Pero la vida de una persona se mide en décadas y la de una estrella en miles de millones de años.

Una estrella nace de nubes interestelares de gas y polvo. Durante cierto tiempo, convierte el hidrógeno en helio en los hornos termonucleares de su profundo interior. Después, y en plena vejez estelar, sufre una serie de catástrofes más grandes o más pequeñas, un lento goteo o una inyección explosiva de material estelar en el espacio. Durante el período más o menos estable de vida de la estrella, la región interior caliente, al convertir el hidrógeno en helio, gradualmente va abriendo paso hacia el exterior desde el mismo centro. Con el paso del tiempo, la estrella comienza a hacerse, lenta y casi imperceptiblemente, más brillante.

Después de las llamaradas y otras impetuosidades de su temprana adolescencia, nuestro Sol se calmó para iniciar una radiación, o, mejor dicho, una producción de radiación más o menos constante. Pero hace cuatro mil millones de años era aproximadamente un 30 % más oscuro de lo que es en la actualidad. Si suponemos que hace cuatro mil millones de años la Tierra mostraba la misma distribución de tierras y agua, nubes y hielo polar, de forma que absorbía idéntica cantidad relativa de luz solar que hoy, y si tamal punto de congelación del agua del mar. De hecho, bien suponemos que tenía una atmósfera similar, podemos calcular cuál era su temperatura. El cálculo revela una temperatura para toda la Tierra inferior al punto de congelación del agua del mar. De hecho incluso hace dos mil millones de años, según estas suposiciones, el Sol no habría podido ser lo suficientemente brillante como para mantener a la Tierra por encima del punto de congelación.



Cursos evolutivos de temperatura esquemática del planeta Tierra a través del tiempo geológico. Los cambios de temperatura se deben a los cambios en la luminosidad del Sol y a la composición de la atmósfera terrestre. Un eón equivale a mil millones de años. Según cálculos del autor. (Cortesía de la «Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia»).

Pero disponemos de gran número de pruebas de que este no fue el caso. En antiguos depósitos de barro hay marcas en forma de ondas y rizos causadas por agua líquida. Existen grandes concentraciones de lava producidas por volcanes submarinos. Hay enormes depósitos de sedimentación que solo se pueden producir en las orillas de los océanos. Hay productos biológicos llamados estromatolitos algáceos, que solo se producen en el agua.

Entonces, ¿qué es lo que está mal? O bien es un error nuestra teoría de la evolución del Sol o nuestra suposición de que la Tierra era como la de hoy día. La teoría de la evolución solar parece ser buena. Las demás inseguridades que prevalecen no afectan a la cuestión de la inicial luminosidad del Sol.

La más probable resolución de esta aparente paradoja es que en la temprana Tierra algo era diferente. Después de haber estudiado un amplio margen de posibilidades, liego a la conclusión de que lo que era diferente hace dos mil millones de años era la presencia de pequeñas cantidades de amoníaco en la atmósfera de la Tierra. En la actualidad, el amoníaco está presente en Júpiter; es la forma de nitrógeno esperado en primitivas condiciones. Absorbe fuertemente en las longitudes de onda infrarrojas que la Tierra emite al espacio. El amoníaco, en la primitiva Tierra, debió de poseer calor, aumentando la temperatura de la superficie mediante el efecto de invernadero y manteniendo la temperatura global de la Tierra a niveles

análogos, para que el origen y temprana historia de la vida y para que el agua líquida fuesen abundantes en las primeras etapas de la historia del planeta. El amoníaco es uno de los elementos atmosféricos necesarios para los cimientos de la vida. El estudio de la evolución del Sol nos lleva a la información de la historia inicial, composición química y temperatura terrestres, y, por tanto, a las circunstancias de su habitabilidad. Están íntimamente relacionadas la evolución estelar y la biológica.

¿Y qué hay acerca de la futura evolución del Sol? El Sol está aumentando su brillo. Dentro de unos cuatro millones de años a partir de ahora, el Sol sera lo suficientemente brillante como para que se dé el efecto de invernadero tránsfugo sobre la Tierra, como sucede hoy día en Venus. Nuestros océanos hervirán, y el anhídrido carbónico, hoy presente como carbonatos en las rocas sedimentarias, ascenderá a la atmósfera. La Tierra se habrá convertido en una caldera inhabitable.

Es probable que la tecnología de esos remotos tiempos sea igual a la capacidad de prevención de semejante «huida», pero sin duda será una tarea de ingeniería extremadamente difícil. Sin embargo, cosa curiosa, el mismo incremento en el brillo y calor del Sol dentro de algunos miles de millones de años hará que Marte sea un lugar donde la temperatura, que en la actualidad es de 47 °C bajo cero, goce de temperaturas casi exactamente iguales a las de la Tierra en nuestros días.

Cuando la Tierra sea un lugar inhabitable, Marte disfrutará de un clima agradable y delicioso. Nuestros remotos descendientes, si los hubiere, probablemente deseen aprovechar esta circunstancia.

CAPÍTULO 19

FORMACIÓN TERRIFORME DE LOS PLANETAS

DE UNA MANERA SUTIL Y PROFUNDA, las actividades de la vida afectan al medio ambiente de nuestro planeta. Nuestra atmósfera se compone de un 20 % de oxígeno y un 80 % de nitrógeno. El oxígeno se produce casi por entero mediante la fotosíntesis, o síntesis de los hidratos de carbono realizada por la clorofila bajo la acción de la luz. En forma similar, los más recientes testimonios sugieren que el nitrógeno es casi por completo un producto de la actividad biológica de microorganismos del suelo que convierten los nitratos y el amoníaco en gas N_2 nitrógeno molecular. Las actividades biológicas no solo controlan íntimamente los principales elementos de nuestra atmósfera, sino que también regulan a los elementos menores. En medida muy significativa, el anhídrido carbónico está regulado por el mecanismo fotosíntesis-respiración. Aunque sea un elemento menor de la atmósfera de la Tierra, el metano CH_4 es de origen biológico.

De hecho, la vida en la Tierra, invisible en la fotografía, podría detectarse con un pequeño telescopio y un espectrómetro infrarrojo desde Marte. Los marcianos, si existe alguno, podrían observar fácilmente, en longitud de onda de 3,33 μ en el infrarrojo, una característica de fuerte absorción que el análisis directo revelaría ser debido a 1:1 000 000 de metano en la atmósfera terrestre. No sería difícil deducir que el metano es, quizá, de origen biológico. El metano es químicamente inestable en un ambiente con exceso de oxígeno. Se oxida con suma rapidez a anhídrido carbónico:

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

La cantidad de metano que se equilibraría con el gran exceso de oxígeno en nuestra atmósfera es inferior a mil millones de millones la cantidad realmente observada. ¿Cómo puede ser esto? El metano se puede producir con tanta rapidez que no hay tiempo suficiente para que el oxígeno reduzca su abundancia hasta una cantidad de equilibrio. Podría ser que existiera una

masiva efusión de metano en antiguos campos petrolíferos de la Tierra. Pero tal efusión o escape tendría que ser enorme, esta hipótesis es preciso desecharla. Es mucho más probable que el metano se produzca mediante un proceso de carácter biológico.

Indudablemente, este es el caso. Parece existir controversia en la literatura ecológica sobre dos posibles orígenes de este metano. Una fuente es la bacteria de metano que vive en pantanos y marjales, de aquí el término de «gas de los pantanos», al referirse al metano. El otro origen de la bacteria de metano es el intestino de los ungulados. Hay otra escuela de pensamiento ecológico que cree que se produce más metano mediante la segunda fuente que mediante la primera. Esto significa que la flatulencia bovina, expulsión de gases intestinales de las vacas, elefantes, renos y alces es detectable a distancias interplanetarias, mientras que el conjunto de las actividades humanas resulta invisible. Por supuesto, no consideraríamos la flatulencia del ganado como manifestación dominante de vida en la Tierra, pero ahí está.

Inadvertidamente, sin que de un modo consciente la Humanidad haya realizado algún esfuerzo para ello, la vida en la Tierra ha vuelto a modificar el medio ambiente en forma muy notable. Mediante el efecto de la presión atmosférica y composición en el clima, hay un mecanismo de retroalimentación en la que el clima, en cierta medida, está controlado por las reacciones del cambio gaseoso en las cuales se implican las formas de vida en la Tierra. En cierto sentido, de algún modo la vida en la Tierra ha formado la propia Tierra. En cierta medida hizo a la Tierra tal y como es.

¿Es posible que, en algún momento del futuro, pudiésemos llegar a «terraformar» otros planetas, convertir a Marte o a Venus, hoy hostiles al hombre, en medio ambiente propicio y habitable? Tal cambio, de ser posible, debiera realizarse tras un examen cuidadoso y responsable de las consecuencias. Primero tendríamos que entender del todo al actual medio ambiente del planeta antes de alterarlo. Deberíamos garantizar escrupulosamente que no sean destrozados ninguna clase de organismos indígenas del planeta mediante tal «terraformación». Si Marte, por ejemplo, tiene una población de organismos indígenas que se extinguiría mediante la «terraformación», jamás deberíamos llevar a cabo esta última. Pero si el planeta carece de vida, o si los organismos sobreviven mejor en condiciones parecidas a las nuestras, podría ser razonable, en algún momento del futuro, considerar tal alteración de un medio ambiente planetario.

Deben ser muy caros nuestros motivos para esta, digamos, reforma planetaria. No es una solución a un problema de exceso de población. En la

Tierra nacen cada día varios centenares de miles de personas. Y, por supuesto, no hay perspectiva alguna en un inmediato futuro de poder trasladar a centenares de miles de seres humanos a otros planetas cada día. En toda la historia de la Humanidad, el hombre solo ha podido enviar a otro planeta a una docena de personas. Tampoco es muy probable que llegue a existir en un futuro inmediato una industria minera para extraer mineral en otro planeta y trasladarlo luego a la Tierra: el coste del transporte sería prohibitivo.

Aun así, el espíritu humano es expansivo; en el interior de muchos de nosotros alienta el urgente deseo de colonizar nuevos medios ambientes. Tales actividades pueden llevarse a cabo sin imperialismo cósmico, sin la arrogancia que caracterizó a la colonización europea del Nuevo Mundo, o sin la liquidación de los indios que efectuaron los blancos para establecerse en el Oeste americano. La colonización interplanetaria puede ser compatible con las más altas aspiraciones y objetivos de la Humanidad.

¿Cómo lo haríamos? En el caso de Venus, como hemos visto en el capítulo x, hay una atmósfera aplastante, compuesta principalmente por anhídrido carbónico y una superficie cuya temperatura pasa de los 425 °C. Evidentemente, representaría una tarea formidable convertir este medio ambiente en otro en el cual los hombres pudieran vivir y trabajar sin enorme ayuda tecnológica. Pero existe una sola posibilidad de «terraformar» o reformar Venus para equipararlo a la Tierra, posibilidad que sugerí con ciertas reservas en 1961. El método supone que la elevada temperatura de la superficie se produce mediante un efecto de invernadero que requiere anhídrico carbónico y agua, conjetura que hoy día es mucho más plausible que entonces. La idea consiste, simplemente, en sembrar las nubes de Venus con una potente variedad de algas —se sugirió un género llamado *Nostocacae* — que realizaría la fotosíntesis en la proximidad de las nubes. El anhídrido carbónico y el agua se convertirían en compuestos orgánicos, en su mayor parte en hidrocarburos y oxígeno. Sin embargo, las algas serían transportadas por la circulación atmosférica a niveles más bajos y más calientes en la atmósfera de Venus donde se abrasarían. Un alga, al abrasarse, libera compuestos de carbono simple, carbono y agua a la atmósfera. El contenido de agua de la atmósfera permanece fijo y el resultado evidente es la conversión del anhídrido carbónico en carbono y oxígeno.

El actual efecto de invernadero en Venus se debe principalmente el anhídrido carbónico y al agua. La presión actual sobre Venus es aproximadamente noventa veces superior a la que reina en la superficie de la Tierra. La atmósfera de Venus está compuesta principalmente por anhídrido

carbónico. Al convertirse el anhídrido carbónico en carbono y oxígeno, y el oxígeno se combina químicamente con la corteza de Venus, se reduciría la presión total, disminuyendo la absorción infrarroja atmosférica, reduciéndose el efecto de invernadero y descendiendo la temperatura.

Por tanto, es posible que la inyección de algas bien desarrolladas en las nubes de Venus, algas capaces de reproducirse a mayor velocidad que su destrucción, con el tiempo convertirían al medio ambiente extremadamente hostil de Venus en otro mucho más agradable para los seres humanos.

La cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera de Venus, si se condensara sobre la superficie del planeta, proporcionaría una capa de agua de aproximadamente 48 cm, no un océano, desde luego, pero sí suficiente para la irrigación y proveer a otras necesidades humanas. También es posible que el agua se consiga entre las rocas del planeta.

Nadie puede calcular si este es el escenario más idóneo o cuánto tiempo se tardaría en reformar al segundo planeta del Sol. Es perfectamente posible que haya algún fallo o punto débil en la idea. Por ejemplo, la alta temperatura de la superficie puede que no obedezca a un efecto de invernadero, pero creo que esto es poco probable.

En todo caso, creo que «terraformar» a Venus no es empresa imposible. El esquema Nostoc es un ejemplo de cómo la tecnología humana y la ciencia pueden, en períodos de tiempo muy cortos, comparados con el tiempo geológico, reformar y cambiar el medio ambiente de otros planetas.

En cuanto se refiere a Marte, ya hemos visto en el capítulo XV que hoy día se dispone de pruebas de que en épocas comparativamente recientes las condiciones en aquel planeta fueron mucho más parecidas a las de la Tierra de lo que son hoy. Hemos mencionado la probabilidad de que en los casquetes polares marcianos estén encerradas enormes cantidades de anhídrido carbónico y agua. Gran parte de esta CO_2 y H_2O pueden pasar desde los casquetes polares a la atmósfera dos veces cada ciclo precesional de cincuenta mil años. Los doctores Joseph Burns y Martin Harwit, de la Cornell University, han examinado varios esquemas tecnológicos para provocar condiciones más favorables en Marte dentro de unos centenares de años en lugar de pensar en milenios. Estos esquemas implican alteración de las órbitas de los satélites marcianos o de un cercano asteroide para cambiar el movimiento precesional del planeta, o la instalación de un enorme espejo orbital sobre el casquete polar para fundir el material allí congelado. Sin embargo, aún más fácil sería verter negro de carbono sobre los casquetes, calentar los polos, aumentar la presión atmosférica y calentar el planeta.

Repito que no sabemos si tales esquemas darán resultado, pero no parecen ser extremadamente irrazonables o impracticables. Puede ser que dentro de centenares de años seamos capaces de convertir a Marte en un planeta muy parecido a la Tierra.

La Luna y los asteroides son mucho menos hospitalarios que Marte y Venus. Son mucho menos capaces de retener una atmósfera y no se les puede aplicar los esquemas de reforma que hemos sugerido. Pero incluso en mundos sin aire, el establecimiento de colonias humanas en sus superficies o incluso —en el caso de pequeños asteroides— en su interior, parece ser un posible futuro proyecto para la Humanidad. Tales colonias serían mucho más reducidas que las de un Marte o Venus reformados, y necesitarían mayor atención en cuanto se refiere a la escasez de recursos.

Estas colonias serían defendibles solo en el caso de que se encontraran recursos naturales notables, en particular agua congelada o químicamente confinada. En el caso de la superficie de la Luna, las muestras logradas por los astronautas del Apolo demostraron una carencia total de agua. Pero es muy posible que existan grandes almacenamientos de agua en regiones más frías y umbrías, cerca de los polos lunares, o a grandes profundidades bajo la superficie lunar.

Tampoco es improbable que dentro de algunos siglos haya grandes colonias humanas en todas las partes internas del Sistema Solar y en algunos de los mayores satélites de los planetas jovianos. Desde luego, la perspectiva es difícil; las tareas de reforma son inmensas y la necesidad de respetar ecológicamente otros medios ambientes resulta imperativa. El peligro de que se produzca una contaminación biológica en dos direcciones es cosa que también habría que examinar con suma escrupulosidad.

Incluso puede llegar el día en el que se nos pidan cuentas por haber administrado así el Sistema Solar. En consecuencia, nuestra propia época debería considerarse ya como el momento en que primero abandonamos la cuna de nuestra especie y comenzamos, casi a tientas, a explorar y transformar el espacio que nos rodea.

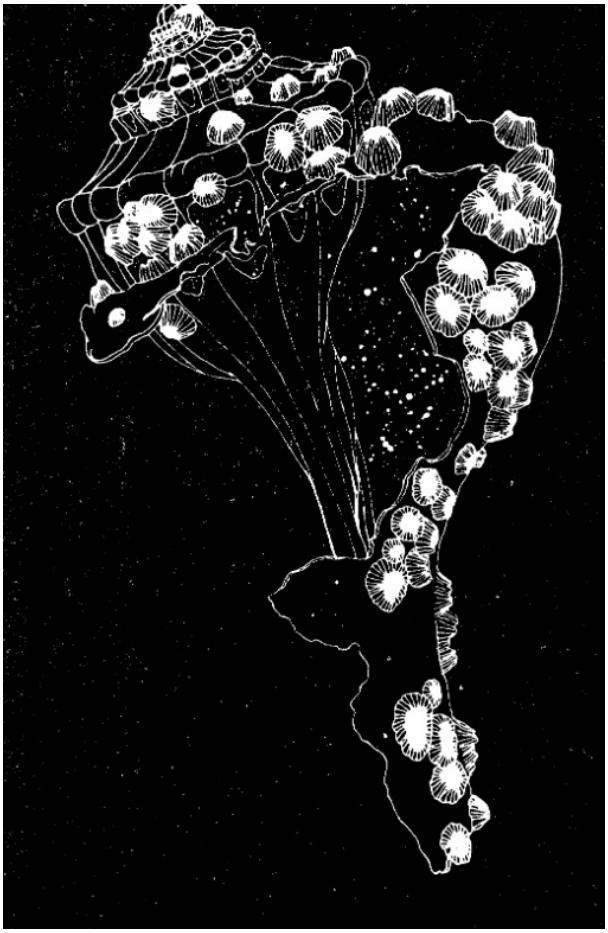
CAPÍTULO 20

LA EXPLORACIÓN Y UTILIZACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX, las dos opiniones, la científica y la profana, sostenían que los aviones eran cosa totalmente imposible. El final del siglo, eliminado el fantasma de catástrofes ecológicas o nucleares, probablemente verá a los rusos y americanos realizar expediciones espaciales a otros planetas.

Este es un siglo en el que se han hecho realidad algunos de los más antiguos sueños del hombre, y en el cual la Humanidad ha creado alas y realizado las aspiraciones de Da Vinci y Dédalo. Ahora las máquinas creadas por el hombre llevan a otros hombres alrededor del planeta en menos de un día; otras máquinas, rastreando sobre la atmósfera, transportan hombres alrededor de nuestro Globo en noventa minutos.

Hay una generación de hombres y mujeres para quienes, en su juventud, los planetas eran puntos de luz situados a distancias inconcebibles, y la Luna era el paradigma de lo inalcanzable. Esos mismos hombres y mujeres, en la mitad del camino de su vida, como dijo Dante, han visto a sus congéneres caminar sobre la superficie de la Luna; en su vejez, probablemente verán hombres vagando por la polvorienta superficie de Marte, efectuando viajes iluminados por la estropeada cara de Fobos. Solo hay una generación de seres humanos en los diez millones de años de historia de la Humanidad que vivirá tal transición. Esa generación aún vive hoy. También este es el momento de nuestra historia cuando, por primera vez, se ha explorado la totalidad de nuestro planeta, cuando el tribalismo está desapareciendo, cuando se están organizando grandes agrupaciones estatales multinacionales, cuando los asombrosos progresos tecnológicos en las comunicaciones y transportes están erosionando las diferencias culturales entre los diversos sectores de la Humanidad. Pero la diversidad cultural es la forja de la supervivencia de nuestra civilización, así como la diversidad biológica es el auténtico crisol para la supervivencia de la vida misma.



Concha estelar. Por Jon Lomberg.

La Tierra está superpoblada, aunque todavía no en sentido literal: Nuestra tecnología es la adecuada para mantener cómodamente una población mucho mayor que nuestros actuales tres mil millones y medio aproximadamente. La Tierra está superpoblada en un sentido psicológico. Para aquella fracción de la Humanidad, ambiciosa e inquieta, que ha señalado nuevos senderos para nuestra especie, no hay nuevos lugares a donde ir. Hay lugares dentro de nosotros mismos, pero este no es el fuerte de tales individuos. Hay cuencas oceánicas, pero todavía no nos hemos dedicado a explorarlas en serio; y cuando lo hagamos, probablemente será para explotarlas con gran rapidez.

Justamente en esta época de nuestra historia tenemos la posibilidad de explorar y colonizar nuestros mundos vecinos del espacio. Nos ha llegado tal oportunidad no demasiado pronto.

El día 12 de octubre de 1992 se cumplirán quinientos años del descubrimiento del «Nuevo Mundo» por Cristóbal Colón. Creo que, en tales momentos, la Humanidad estará empeñada en una empresa muy parecida a la de Colón. Tendremos muchas ventajas sobre él y sobre los marinos de su época. Sabemos perfectamente a dónde vamos y cómo llegar a nuestro punto de destino. El camino habrá sido examinado por innumerables navíos que han

llegado allí mucho antes que nosotros. Los senderos estarán correctamente cartografiados. Habrá peligros, por ejemplo, Colisiones con asteroides en los viajes que se hagan al exterior del Sistema Solar, o fallos de tipo mecánico. Pero no habrá temor a deslizarse por el borde del mundo como temían los marinos de la época de Colón. Y, muy probablemente, no será un Sistema Solar en el que haya zonas de calmas ecuatoriales y monstruos marinos. Sin embargo, nos sentiremos impulsados por el mismo espíritu de aventura que animó a Colón. Así como el descubrimiento y exploración del Nuevo Mundo ejerció efectos irreversibles y profundos en la civilización europea, la exploración y colonización del Sistema Solar provocará permanentes cambios en la historia y desarrollo de la Humanidad.

En mi opinión, la analogía con los épicos viajes por mar de hace siglos es perfecta. Se dio entonces el conjunto de viajes marítimos realizados por Colón, un italiano (?), al servicio de la Corte española. Nuestro inicial conjunto de exploraciones del *Apolo* en la Luna fue impulsado, en gran parte, por un grupo de ingenieros alemanes expatriados, a la cabeza de los cuales figuraba Wernher von Braun. Después de los cuatro viajes de Colón hubo una especie de vacío, que duró una década o así, y después se produjo un verdadero estallido de actividades exploratorias realizadas por españoles, ingleses, franceses y holandeses, a bordo de navíos que enarbolaban pabellones diferentes.

El *Apolo 17* señaló el fin de las misiones *Apolo* a la Luna. Parece evidente, al menos en los Estados Unidos, que se producirá un vacío de una década o más antes de que se organicen nuevas exploraciones lunares o se sitúen bases en la Luna. La primera orientación del *Apolo* nunca fue científica. Se concibió en un momento de dificultades políticas para los Estados Unidos. Algunos historiadores han sugerido que los principales motivos que impulsaron al presidente Kennedy a organizar el programa *Apolo* fueron el desviar la atención pública de la vergonzosa derrota sufrida en la Bahía de Cochinos en el intento de invasión de Cuba. En el programa *Apolo* se invirtieron varias decenas de miles de millones de dólares. Si el objetivo hubiera sido la exploración científica de la Luna, se podía haber efectuado más eficazmente, gastando mucho menos dinero y empleando vehículos no dirigidos por el hombre. Las primeras misiones *Apolo* fueron a lugares de poco interés científico porque la seguridad de los astronautas era la primerísima y única preocupación. Tan solo hacia el final de la serie *Apolo* desempeñaron un papel significativo las consideraciones de carácter científico.

El programa *Apolo* terminó cuando el primer científico pisó la Luna. Harrison «Jack» Schmitt, geólogo, formado en Harvard, fue uno de los dos hombres que tripularon el módulo lunar del *Apolo 17*. Fue el primer científico que estudió la Luna desde su superficie. Resulta irónico que, cuando el programa *Apolo* había logrado este importante progreso en la exploración científica de la Luna, se cancelara. Por consiguiente, el primer científico que pisó la Luna fue el último hombre en llegar a la Luna, al menos en un previsible futuro. No hay proyectos de ninguna clase o misiones con presencia humana para ir de nuevo a la Luna, ni por parte de los Estados Unidos ni tampoco, que nosotros sepamos, por parte de la Unión Soviética.

Las razones para cancelar el programa *Apolo* fueron de orden económico. Sin embargo, el incremento del coste de una misión dada se hallaba en las muchas decenas de millones de dólares que suponía, algo parecido a una milésima parte del costo total del programa *Apolo*. Igual que si yo, en contra de la opinión de mi esposa, comprara un «Rolls-Royce». Ella opina que un «Volkswagen» puede llevarme también a cualquier sitio, pero yo tengo la impresión de que un «Rolls-Royce» apartaría de mi mente las preocupaciones de mi trabajo. Entonces gasto tanto dinero en la compra del «Rolls» que cuando le conduzco algún tiempo, descubro que no puedo usarlo más porque no puedo permitirme el lujo de llenar el depósito de gasolina, que es aproximadamente la milésima parte del coste de un «Rolls».

Fui uno de los científicos que se opusieron a una temprana misión *Apolo*. Pero una vez contamos con la tecnología del *Apolo*, me convertí en decidido partidario de continuarlo. Creo que por dos veces se tomó una decisión equivocada: la primera vez, por optar por realizar las primeras misiones a la Luna con presencia humana y, más tarde, por abandonar tales misiones. Después del *Apolo 17*, los Estados Unidos se quedaron sin ningún programa con presencia humana o sin ella, para proseguir la exploración de la Luna. La Unión Soviética ha perfeccionado, en sus series *Luna* de naves espaciales sin presencia humana, una capacidad probada para la exploración de la superficie lunar con regreso automático de muestras a la Tierra.

El ejemplo de la primera exploración del Nuevo Mundo sugiere que el vacío en la labor de investigación espacial será solo temporal. El ensamblaje del *Soyuz* y *Skylab*, las estaciones orbitales de la Unión Soviética y de los Estados Unidos, representan un buen augurio de misiones planetarias en común.

El Sistema Solar es mucho más vasto que la Tierra, pero las velocidades de nuestras naves espaciales son, por supuesto, mayores que las velocidades

de las carabelas de los siglos XV y XVI. El viaje de una nave espacial desde la Tierra a la Luna es más rápido que el viaje en galeón desde España a las Islas Canarias. El viaje desde la Tierra a Marte costará el mismo tiempo que el viaje de un velero desde Inglaterra a Norteamérica; el viaje desde la Tierra a las lunas de Júpiter requerirá el mismo tiempo que se invertía en el viaje desde Francia a Siam, en el siglo XVIII. Además, la parte del producto nacional bruto de los Estados Unidos o la Unión Soviética que se invierta en el más costoso programa espacial con presencia humana es exactamente comparable al producto nacional bruto gastado por Inglaterra y Francia en los siglos XVI y XVII en sus aventuras exploratorias realizadas con barcos de vela. ¡En términos económicos y en términos humanos, ya hemos efectuado antes tales viajes!

Creo que veremos bases semipermanentes en la Luna para el año 1980, más o menos. En principio, se les proveerá con material y personal de la Tierra, pero poco a poco irán sustentándose por sí mismas utilizando recursos lunares. Habrá niños que nazcan en tales colonias. Pensarán en la Tierra como en «la antigua patria», un mundo pasado de moda en muchos sentidos, inmovilista, mucho menos libre que las colonias lunares, a pesar de los rigores y represiones tecnológicos de la vida en la Luna.

En el comparativamente próximo futuro, se explorará todo el Sistema Solar mediante vehículos automáticos sin presencia humana. Creo que para las décadas de los años 80 o 90 veremos la penetración de sondas en las atmósferas de Júpiter y Saturno y Titán (la luna más grande de Saturno), lugares que están, creo yo, muy lejos de ser los más favorables en el Sistema Solar para la vida indígena. Contemplaremos el paso de pequeñas naves espaciales que aterrizarán en los grandes satélites de Júpiter y Saturno, naves que harán viajes incluso hasta Neptuno y Plutón, y veremos asimismo fuertes naves que se lanzarán hacia el Sol, desde donde transmitirán datos hasta que se hundan y fundan definitivamente en el infierno interior de la estrella más cercana.

Sin embargo, el posarse seres humanos en los planetas más cercanos no será tan fácil como se había pensado antes. La superficie de Venus, lejos de ser un Edén, es en realidad, como ya hemos visto, algo muy parecido al Infierno. No podemos imaginar la exploración de la superficie de Venus en las próximas décadas. Venus es un planeta con terribles temperaturas, gases nocivos, y presiones atmosféricas aplastantes. Sin embargo, las nubes de Venus están en un medio ambiente benigno; y una alegre sonda, dirigida por el hombre —algo parecido a un globo del siglo XIX, en la que los astronautas

trabajen en mangas de camisa y con máscara de oxígeno— no deja de tener su encanto o su interés científico.

Marte es un planeta muy emocionante, de enorme interés en los campos geológico, meteorológico y biológico. Sería muy deseable llevar a cabo una expedición a Marte con presencia humana. Pero existen dos enormes dificultades. Primera, el coste sería fabuloso. El cálculo más aproximado a la verdad sería el de cien mil o doscientos mil millones de dólares. No puedo llegar a creer que tal gasto sea necesario en las próximas décadas, cuando hay tanta miseria en la Tierra que podría paliarse con ese dinero. Sin embargo, y a largo plazo, digamos que en las primeras décadas del siglo XXI, no creo que tal gasto constituya una dificultad insuperable, en especial porque ya se habrán perfeccionado nuevos sistemas de propulsión de supervivencia en el espacio.

La segunda dificultad es más sutil. Igualmente puede aplicarse esta dificultad a la operación de recoger automáticamente muestras en Marte y hacerlas volver a la Tierra, como lo ha hecho la Unión Soviética en la Luna. Y este es el peligro de la «contaminación de regreso». Precisamente a causa de que Marte tiene un medio ambiente de gran interés biológico potencial es posible que en Marte haya gérmenes patógenos, organismos que si se transportan al medio ambiente terrestre podrían provocar enormes daños biológicos, una plaga marciana parecida a lo que relata H. G. Wells en *La Guerra de los Mundos*, pero al revés. Este es un punto extremadamente grave. Por una parte, podemos alegar que los organismos marcianos no pueden provocar graves problemas a los organismos terrestres, porque no ha habido contacto biológico durante cuatro mil millones de años entre ambos organismos. Por otra parte, también podemos alegar que los organismos terrestres no han desarrollado defensas contra unos potenciales gérmenes patógenos marcianos, precisamente por esa falta de contacto antes mencionada. La posibilidad de tal infección puede ser muy pequeña, pero el peligro, si se produjera, sería enorme. Es preciso recordar aquí que el exterminio de las poblaciones nativas de Santo Domingo y Tahití se produjo en los primeros tiempos de las exploraciones mediante navíos a vela. Entre los regalos llevados por Colón al Nuevo Mundo estaba la viruela.

No sirve de nada alegar que las muestras se pueden traer a la Tierra con toda seguridad o a una base situada en la Luna, y así no se correría ningún peligro. La base lunar estará enviando y recibiendo pasajeros terrestres y lo mismo sucederá con una gran estación orbital terrestre. La única elección clara que obtuvimos en nuestra experiencia de aislar las muestras lunares

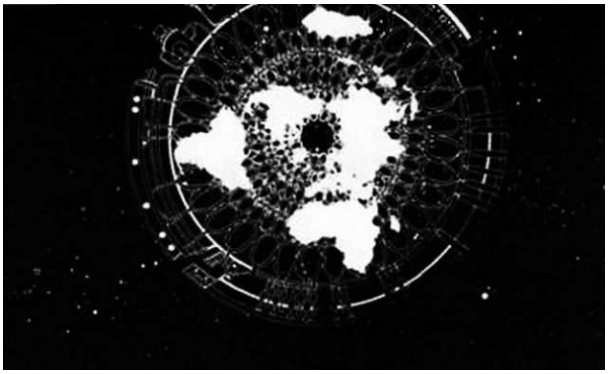
traídas por el *Apolo*, es que los controladores de la misión no desean arriesgar el seguro malestar de un astronauta —no importa su muerte— contra la remota posibilidad de una epidemia global. Cuando el *Apolo 11*, primera nave espacial que alunizó con éxito, manejada por el hombre, regresó a la Tierra —era idónea como nave para el espacio, pero no para el mar—, inmediatamente se violó el protocolo de la proyectada cuarentena. Se consideró que era mejor abrir la escotilla del *Apolo 11* al aire del océano Pacífico y, según lo entendimos nosotros, exponer la Tierra a gérmenes patógenos lunares, antes que poner en peligro a tres mareados astronautas. Tan poca atención se prestó a la cuarentena que la grúa del portaaviones que había de alzar a bordo la cápsula cerrada, a última hora, o, mejor, en el último minuto, resultó ser muy poco segura. El éxito del *Apolo 11* se escenificó en el mar abierto.

También existe el irritante peligro del estado Latente. Si exponemos los organismos terrestres a los gérmenes patógenos marcianos, ¿cuánto debemos esperar antes de que podamos convencernos de que entendemos perfectamente la relación entre ambos organismos? Por ejemplo, el período latente de la lepra es de una década o algo más. A causa de este peligro de contaminación «de regreso», creo firmemente que los aterrizajes humanos en Marte deben demorarse hasta principios del siglo próximo, tras haberse llevado a cabo todo un concienzudo programa de exobiología y epidemiología terrestre sin presencia humana.

Llego a esta conclusión de mala gana. A mí, personalmente, me agradaría tomar parte en la primera expedición del hombre a Marte. Pero primero se necesita llevar a cabo un detallado y cuidadoso programa de exploración biológica en Marte, naturalmente, sin la presencia de los hombres. La probabilidad de que existan gérmenes es sumamente pequeña, pero no podemos poner en peligro a mil millones de vidas. Sin embargo, creo que la gente pisará la superficie marciana muy cerca del comienzo del siglo XXI.

Más allá de eso, hoy día es posible calcular o, más bien, imaginar una más amplia exploración y colonización. Las grandes lunas de Júpiter, y Titán, la luna más grande de Saturno, son mundos principales por derecho propio. Se sabe que Titán tiene una atmósfera mucho más densa que la de Marte. Estas cinco lunas muestran en sus superficies grandes cantidades de hielo. Para hacer estos mundos más habitables, se podrán horadar sus hielos para combustible, para la producción de alimentos y para la generación de atmósferas. Se han sugerido esquemas parecidos para reformar Marte y Venus, y probablemente se perfeccionarán y llevarán a la práctica (véase capítulo XIX). En los dos próximos siglos surgirán posibilidades aún más

exóticas, que sin duda alguna estarán al alcance de la capacidad humana. Entre tales posibilidades figuran las de establecer bases en los asteroides y en cometas.



Representación esquemática de una civilización tipo I, probablemente unos cuantos siglos más avanzada que la nuestra. Por Jon Lomberg.

Al cabo de otro siglo aproximadamente, se habrán desarrollado nuevas formas o métodos de propulsión dentro del Sistema Solar. Uno de los más atractivos es el de la navegación solar a vela, el uso de los protones y electrones del viento solar para viajar por el Sistema. Se necesitarán velas enormes para tal empresa, pero pueden ser sumamente finas. Podemos imaginar una nave espacial rodeada por decenas de miles de finas velas doradas, delicada y exquisitamente izadas para recoger el viento solar. Unas remotas estaciones científicas vigilarán las ráfagas o rachas producidas por las llamas solares. Alejarse del Sol será cosa fácil, pero acercarse a él resultará más difícil.

También en el próximo siglo se fabricarán naves que empleen fuerza eléctrica solar y fusión nuclear.

Dentro de dos o tres siglos más, y suponiendo que incluso nuestra capacidad tecnológica no haya progresado mucho, imagino que todo el Sistema Solar ya habrá sido explorado por completo, al menos en la misma medida en que ha sido explorada la Tierra hasta ahora. Más tarde, no hay duda de que se iniciará una reforma de nuestro Sistema Solar más saludable, primero lentamente y después a mayor velocidad, proyectos de reforma con objeto de mover los planetas y disponer sus masas a conveniencia de la Humanidad, de sus descendientes y de sus invenciones.

Por entonces —probablemente antes—, podemos haber entrado ya en contacto con otras civilizaciones avanzadas en la Galaxia. O quizá no. En todo caso, dentro de unos cuantos siglos estaremos preparados para dar el siguiente paso.

El *Pioneer 10* es la primera sonda interestelar lanzada por la Humanidad. También fue la sonda más rápida lanzada hasta la fecha de su partida. Pero todavía tardará ochenta mil años en llegar a la estrella más cercana. Como el espacio está tan vacío, jamás entrará en otro Sistema Solar. El pequeño mensaje dorado que va a bordo del *Pioneer 10* será leído, pero tan solo si hay viajeros interestelares capaces de detectar e interceptar al *Pioneer 10*.

Creo que puede suceder esto, pero realizado por viajeros interestelares del planeta Tierra que detendrán y examinarán este viejo artilugio espacial, como si la carabela *La Niña*, con su tripulación comentando las posibilidades de caer por el borde del mundo, fuese interceptada en las islas Azores por el portaaviones *John F., Kennedy*.

TERCERA PARTE

MÁS ALLÁ DEL SISTEMA SOLAR

Danzar bajo el diamantino cielo
Con una mano libre, saludando…

BOB DYLAN, *Mr. Tambourine Man*.

CAPÍTULO 21

ALGUNOS DE MIS MEJORES AMIGOS SON DELFINES

LA PRIMERA CONFERENCIA CIENTÍFICA sobre el tema de las comunicaciones con inteligencias extraterrestres fue un pequeño acontecimiento apadrinado por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, en Green Bank, West Virginia. Se celebró en 1961, un año después del Proyecto Ozma, el primer intento (fallido) de escuchar posibles señales de radio procedentes de civilizaciones en planetas de otras estrellas. A continuación se celebraron otras dos reuniones parecidas en la Unión Soviética, patrocinadas por la Academia de Ciencias Soviética. Más tarde, en setiembre de 1971, se celebró una conferencia conjunta ruso-americana sobre la comunicación con inteligencias extraterrestres, en Byurakan, Armenia Soviética (véase capítulo XXIV). La posibilidad de una comunicación con inteligencias extraterrestres, al menos ahora, es semirrespetable, pero en 1961 se precisaba tener mucho valor para organizar semejante reunión. Hay que conceder mérito y honores al doctor Otto Struve, director del National Radio Astronomy Observatory, que fue quien organizó la reunión de Green Bank.

Tres delfines conversando con el autor. (Fotografía del autor).

Entre los invitados a la reunión figuraban el doctor John Lilly, que entonces pertenecía al Instituto de Investigación de Comunicaciones, de Coral Gables, Florida. Lilly se hallaba allí a causa de su trabajo relacionado con la inteligencia de los delfines y, en particular, con sus esfuerzos por comunicarse con ellos.

Existía la impresión de que este esfuerzo por comunicarse con los delfines —el delfín, probablemente, es otra de las especies inteligentes de nuestro planeta— era comparable, en alguna medida, a la tarea con que nos enfrentamos tratando de ponemos en comunicación con especies inteligentes de otro planeta mediante una comunicación de radio interestelar. Creo que será mucho más fácil comprender los mensajes interestelares, si alguna vez los captamos, que llegar a comprender los mensajes de los delfines (véase capítulo XVI), si es que en realidad tales mensajes existen.

La supuesta relación entre los delfines y el espacio la dramaticé yo más tarde en la laguna que hay en el exterior del Vertical Assembly Building, en Cabo Kennedy, cuando esperaba el lanzamiento del *Apolo 17*. Un delfín nadaba pacíficamente de acá para allá, y de vez en cuando saltaba fuera del agua, examinando con curiosidad el iluminado y enorme proyectil *Saturno* preparado para su lanzamiento al espacio. ¿Quizá observándonos a todos?

Muchos de los participantes en la reunión de Green Bank se conocían mutuamente. Pero Lilly era, para todos nosotros, una nueva entidad. Sus delfines eran fascinantes y resultaba muy atractiva, por supuesto, su posible comunicación con ellos. (La reunión llegó a ser memorable a causa de que durante su celebración se anunció desde Estocolmo que a uno de los participantes, Melvin Calvin, le habían concedido el premio Nobel de Química).

Por muchas razones, deseábamos conmemorar la reunión y mantener cierta libre coherencia como grupo. Sintiéndonos enormemente interesados por los relatos que nos hacía Lilly sobre los delfines, nos bautizamos a nosotros mismos como «La Orden de los Delfines». Calvin tenía un alfiler de corbata como emblema de la sociedad recientemente fundada. Era una reproducción de una moneda que existe en el museo de Boston, una antigua moneda griega en la que aparece un muchacho sobre un delfín. Serví como una especie de coordinador de correspondencia las pocas veces que se celebró alguna reunión o acontecimiento «Delfín», sobre todo durante la elección de nuevos miembros. Al año siguiente, elegimos unos cuantos: entre ellos, a I. S. Shklovski, Freeman Dyson, y J. B. S. Haldane. Este último me escribió diciéndome que una sociedad que carecía de obligaciones, reuniones,

periódicos o responsabilidades era, precisamente, la sociedad que más apreciaba; prometió ponerse a la altura de los acontecimientos.

Bien, la «Orden de los Delfines» es, en la actualidad, una sociedad moribunda. Ha sido remplazada por cierto número de actividades a escala internacional. Sin embargo, para mí, la «Orden de los Delfines» tuvo un significado especial: me proporcionó la ocasión de reunirme y charlar con los delfines, e incluso, en cierta medida, hacer amistad con ellos.

Entonces, yo tenía la costumbre de pasar una se mana o dos durante el invierno en el Caribe, buceando con equipo de oxigeno y sin él, examinando a los habitantes, no mamíferos, de aquellas aguas. A causa de mis conocimientos y, más tarde, amistad con John Lilly, también pude pasar algunos días con sus delfines, en Coral Gables y en su estación de investigaciones de St. Thomas en las Islas Vírgenes.

Su instituto, ahora desaparecido, realizó, sin duda alguna, una buena labor sobre los delfines, incluyendo la realización de un importante atlas del cerebro del delfín. Aunque aquí exprese ciertas críticas sobre algunos aspectos científicos del trabajo de Lilly, sin embargo, deseo expresar mi admiración hacia cualquier intento serio de estudiar los delfines y en particular hacia los pioneros esfuerzos de Lilly en este terreno. Desde entonces, Lilly se dedicó a otra tarea: la de investigar la mente humana desde su interior, desarrollo de la consciencia, producida por medio: farmacológicos y no farmacológicos.

Conocí por vez primera a *Elvar* en el invierno de 1963. La investigación sobre los delfines se había limitado mucho a causa de la sensible piel de estos mamíferos, limitado en el sentido de que era únicamente desarrollo de tanques o depósitos de plástico lo que permitía una residencia a largo plazo en el laboratorio. Me sorprendió mucho comprobar que el Instituto de Investigación de Comunicación se hallaba instalado en lo que había sido anteriormente un Banco, y así, casi llego a imaginar un tanque de poliestireno en cada ventanilla de cajero con delfines contando dinero. Antes de presentarme a *Elvar*, Lilly insistió en que me pusiera un impermeable de plástico, a pesar de mis protestas de que no lo consideraba necesario.

Entramos en una estancia de regular tamaño. En un rincón había un gran tanque de plástico. Inmediatamente, vi a *Elvar* con la cabeza fuera del agua. Nadó despacio hasta el costado más próximo del tanque, y John, como perfecto anfitrión, dijo: «Carl, este es *Elvar*; *Elvar*, este es Carl». *Elvar* lanzó la cabeza hacia delante y, un segundo antes de sumergirse, lanzó un chorro de agua sobre una de mis sienes. Después de todo, era cierto que necesitaba un

impermeable. John dijo: «Bien, ya veo que comenzáis a entablar amistad». Y, acto seguido, se retiró.

Yo ignoraba totalmente las acciones recíprocas sociales delfín-ser humano; así que me aproximé al tanque con toda la calma e indiferencia que pude adoptar y murmuré algo así como: «¡Hola, *Elvar*!». Inmediatamente, *Elvar* giró sobre sí mismo y se puso boca arriba, dejando al descubierto su vientre de color grisáceo. Era como un perro que deseara que le rascaran amorosamente. Así lo hice. Le gustó, o al menos, así lo creí.

Los delfines, con su nariz parecida al cuello de una botella, parecen mostrar eternamente una estereotipada sonrisa como los gerentes de hotel.

Al cabo de un rato, *Elvar* nadó hacia el lado opuesto del tanque y luego regresó, presentándome de nuevo el vientre, pero esta vez asomando a la superficie del agua solo unos cuantos centímetros. Evidentemente, deseaba que le rascara de nuevo.

La operación me resultaba un tanto dificultosa, ya que debajo del impermeable llevaba camisa, corbata y chaqueta. No deseando mostrarme poco cortés, me quité el impermeable, hice lo mismo con la chaqueta y me subí los puños de la camisa, sin desabrocharlos, un poco más arriba de las muñecas. Luego me puse de nuevo el impermeable, mientras que aseguraba a *Elvar* que volvería a rascarle inmediatamente, cosa que hice a pocos centímetros sobre la superficie del agua. Una vez más, pareció agradarle. Pasaron unos segundos; el delfín nadó otra vez hacia el extremo más alejado y luego regresó de nuevo, pero esta vez mostrando el vientre unos 30 cm sobre la superficie.

Lo cierto era que mi cordialidad estaba agotándose rápidamente, pero también me pareció que *Elvar* y yo estábamos comunicándonos de alguna forma. Así, una vez más, me quité el impermeable, enrollé las mangas de la camisa, me puse de nuevo el impermeable, y atendí a *Elvar*. En la siguiente secuencia *Elvar* apareció asomando el vientre sobre la superficie del agua unos 15 cm, esperando mi masaje. Podría haber extendido una mano para acariciarle, si en aquel momento me hubiera sentido dispuesto a quitarme de nuevo el impermeable, pero la cosa estaba llegando demasiado lejos. Así que permanecimos mirándonos mutuamente —hombre y delfín—, con un metro de agua entre los dos. De repente, *Elvar* saltó sobre el agua hasta que su cola solo tocó la superficie. Se agitó en el aire y, acto seguido, su garganta lanzó un raro sonido, algo parecido al lamento del pato Donald. Creí, entonces, que *Elvar* acababa de decir «¡Más!».

Salí de la estancia; encontré a John entretenido con un equipo electrónico y le anuncié, con cierta emoción, que *Elvar*, al parecer, había gritado «¡Más!».

John se mostró lacónico.

—¿Lo dijo claramente?

—Sí, creo que sí.

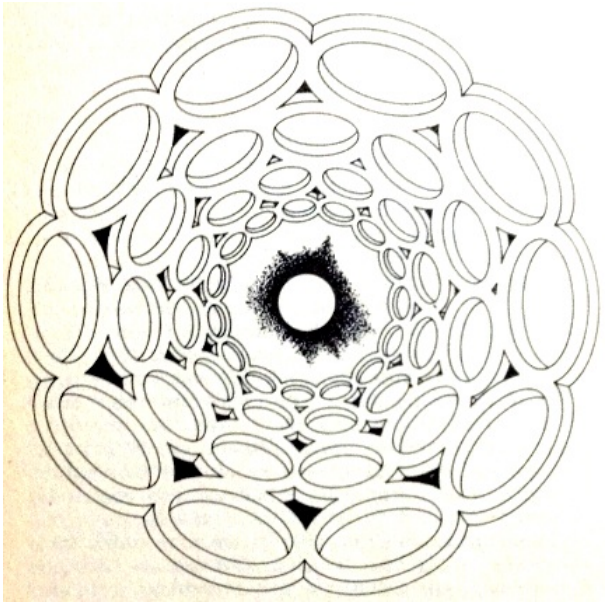
—Bueno, esa es una de las palabras que conoce.

John creía que *Elvar* había aprendido unas docenas de palabras en inglés. Que yo sepa, hasta ahora ningún ser humano ha aprendido una sola palabra en «delfinés». Quizás esto perfila de algún modo la relativa inteligencia de las dos especies.

Desde los tiempos de Plinio, la historia humana ha estado llena de historias sobre una extraña y fraternal relación entre seres humanos y delfines. Existen innumerables relatos que nos hablan de delfines que salvaron a seres humanos a punto de ahogarse, y de delfines que protegieron a seres humanos cuando estos estaban a punto de ser atacados por otros depredadores marinos. Recientemente, en 1972, se publicó en el *New York Times* que dos delfines habían protegido a una mujer de veintitrés años contra los tiburones que la rodeaban en alta mar. La mujer había naufragado en el océano Indico y se había visto obligada a nadar durante unos 40 km antes de alcanzar la costa. Los delfines la habían protegido y escoltado durante todo el tiempo. Los delfines son motivo dominante en el arte de la mayor parte de las antiguas civilizaciones mediterráneas, incluidas la naba-tea y la micénica. La moneda griega que Melvin Calvin había duplicado para nosotros es una expresión de esta antigua relación.

Lo que les gusta a los seres humanos de los delfines es evidente.

Son animales amistosos y fieles; a veces nos proporcionan comida (algunos delfines han reunido diferentes clases de peces en beneficio de los pescadores) y de vez en cuando nos salvan la vida. Sin embargo, no está muy claro por qué los delfines se sienten atraídos por los seres humanos. Más adelante, en este mismo capítulo, hablaré de lo que nosotros les proporcionamos a ellos, estímulo intelectual y diversión auditiva.



Civilización tipo 1,4 M. Por Jon Lomberg.

John conocía multitud de anécdotas sobre delfines de primera o segunda mano. Recuerdo en particular tres relatos. En uno, un delfín había sido capturado en alta mar e izado a bordo de una pequeña embarcación para ir a parar a un tanque de plástico, desde el cual comenzó a lanzar una larga serie de diferentes sonidos ante sus captores, sonidos que imitaban silbidos, bufidos, etc. A veces, gritaba imitando a una gaviota, otras, al silbato de un tren; en fin, todos ellos ruidos de la costa y de tierra firme. El delfín había sido capturado por criaturas terrestres e intentaba charlar como ellas, como era de esperar de un invitado cortés.

Los delfines producen la mayor parte de sus sonidos mediante su orificio de «escape», que produce el chorro de agua en sus primas las ballenas, de las que son ejemplares anatómicos en miniatura.

En otro relato, a un delfín, que había permanecido cautivo durante algún tiempo, se le dejó en libertad y luego fue seguido.

Cuando entró en contacto en alta mar con un grupo de otros delfines, el excautivo inició una larga serie de sonidos. ¿Acaso les daba información sobre su cautiverio?

Además de su dispositivo de localización de sonidos —eficaz sistema de sonar submarino—, los delfines emiten una especie de silbido, algo parecido al ruido que producen los goznes resecos de una puerta cuando esta se abre, y el ruido que hacen cuando imitan el modo de hablar humano, como en el «¡Más!» de *Elvar*. Son capaces de emitir tonos muy puros, y se sabe que hay parejas de delfines que emiten tonos de la misma frecuencia y fase diferente, de manera que se da el fenómeno de «batido» de onda física. Este sonido de

batido es muy divertido. Si los seres humanos pudiesen cantar o emitir tonos puros, estoy seguro de que durante horas nos divertiríamos «batiendo».

Existen pocas dudas sobre el hecho de que los silbidos son ruidos que emplean los delfines para comunicarse entre sí. Oí lo que me pareció eran silbidos suplicantes en St. Thomas, emitidos por un delfín muy joven y macho, llamado *Peter*, al que habían aislado de dos hembras adolescentes. Los tres se lanzaban mutuamente una larga serie de diferentes silbidos. Cuando los reunieron en un solo tanque, su actividad sexual fue prodigiosa. Entonces casi dejaron de silbar.

La mayor parte de comunicación que he podido escuchar entre delfines pertenece a la variedad de «puerta chirriante», por así decirlo. Los delfines se sienten atraídos por los seres humanos que producen ruidos parecidos. Por ejemplo, en marzo de 1971, en un estanque de delfines en Hawai, me pasé cuarenta y cinco minutos de animada conversación de «puerta chirriante» con varios delfines, al con algunos de los cuales me parecía estar diciendo algo interesante. En «delfinés», puede que fuera una auténtica estupidez, pero lo cierto es que yo atraía su atención.

En otro momento, John me contó lo que hacía con los delfines en la adolescencia y con tendencias sexuales para separar el macho de la hembra durante el fin de semana cuando no habría experimentos. De lo contrario, harían lo que John denominaba con suma delicadeza como «irse de luna de miel», lo que por muy deseable que fuera para los delfines les dejaba en malas condiciones para los experimentos del lunes por la mañana.

Los delfines pasaban de un tanque grande a otro más pequeño a través de una pesada puerta que se deslizaba vertical mente, y así quedaban separados. En una mañana de lunes, John encontró la puerta tal y como debía estar, pero en el tanque grande se hallaban juntos los dos delfines de sexo opuesto. *Elvar* y *Chi-Chi* habían salvado la barrera que los separaba.

Se habían ido de luna de miel. El protocolo experimental de John tenía que esperar y John estaba muy enfadado. ¿Quién había olvidado separar a los delfines en la tarde del viernes? Pero todo el mundo recordaba que los delfines habían sido separados y la puerta cerrada adecuadamente.

Como prueba, los experimentadores repitieron la operación. Separaron a *Elvar* y a *Chi-Chi* y cerraron la pesada puerta, a la vez que tenían lugar las normales despedidas del viernes en voz alta, cierre de puertas del edificio con cierta fuerza y ruido de pasos que se alejaban. Pero desde un lugar oculto permanecieron observando a los delfines cuidadosamente. Cuando todo estuvo en silencio, ambos animales se encontraron en la barrera de alambre y

se frotaron el morro varias veces emitiendo sonidos de puerta chillona. Entonces *Elvar* empujó la puerta hacia arriba desde una esquina hasta que quedó acuñada. *Chi-Chi*, desde el otro lado, empujó hacia arriba por la esquina opuesta.

Lentamente lograron alzar la puerta. *Elvar* atravesó el umbral nadando para ser recibido por los abrazos («aletazos» no es la palabra más correcta) de su compañera. Luego, según el relato de John, los que se hallaban observándoles anunciaron su presencia mediante silbidos y gritos… hasta que, mostrando cierto embarazo, *Elvar* se alejó nadando hacia la parte que le correspondía del tanque, y los dos delfines hicieron descender la pesada puerta trabajando con el morro desde ambos lados.

Este relato posee carácter humano hasta el punto de que en él se muestra lo que podríamos denominar un tanto de culpabilidad victoriana, que lo creo muy poco probable. Pero hay en los delfines muchas cosas que parecen poco probables.

Quizá yo sea una de las pocas personas que ha recibido una «proposición» de un delfín. El relato necesita volver un poco atrás. Fui a St. Thomas un invierno para nadar y visitar el establecimiento del delfinés de Lilly que entonces dirigía Gregory Bate-son, un inglés que sentía profundo interés por la antropología, psicología y comportamiento animal y humano. Mientras cenaba con algunos amigos en un restaurante situado en la cima de una montaña entablamos conversación con la propietaria del restaurante, una joven llamada Margaret. Me describió qué aburridos y poco interesantes eran sus días (solo trabajaba por las noches en el establecimiento). Aquel mismo día, por la mañana, Bateson me había contado las dificultades que encontraba para poder disponer de ayuda en sus investigaciones del programa «Delfín». Por tanto, no fue difícil presentarles. Muy pronto, Margaret estuvo trabajando con los delfines.

Cuando Bateson dejó St. Thomas, Margaret se convirtió, por el momento, en director de la estación de investigación.

En el curso de su trabajo, Margaret llevó a cabo un notable experimento, que se describe con algún detalle en el libro de Lilly, *La mente del delfín*. Comenzó a vivir casi todo el día muy cerca del estanque donde *Peter*, el delfín, nadaba plácidamente.

El experimento de Margaret tuvo lugar no mucho antes del incidente a que me refiero; estuvo relacionado con la actitud de *Peter* hacia mí.

Estaba yo nadando, en compañía de *Peter*, en un gran estanque interior. Cuando lanzaba hacia *Peter* la gran pelota de plástico, el delfín buceaba, y

luego, con el morro, me la devolvía con absoluta seguridad. Al cabo de un rato de estar jugando de esta manera, las devoluciones de *Peter* fueron haciéndose más inseguras, obligándome a nadar hacia un lado del estanque y luego hacia otro para alcanzar la pelota. Inmediatamente me di cuenta de que *Peter* había decidido lanzar la pelota a unos 5 o 6 m de distancia de donde yo me encontrara en tales momentos.

Peter había cambiado las reglas del juego.

Peter estaba realizando conmigo un experimento psicológico: saber hasta qué extremo llegaría yo para continuar cogiendo trabajosamente la pelota. Era la misma clase de prueba psicológica que *Elvar* había llevado a cabo en nuestro primer encuentro. Tal prueba es una muestra de los vínculos que unen a los delfines con los seres humanos. Somos una de las pocas especies que tienen pretensiones de poseer conocimientos psicológicos; por tanto, también somos una de las pocas que, sin embargo, y aunque sea inadvertidamente, permitimos que los delfines lleven a cabo con nosotros experimentos psicológicos.

Como había ocurrido en mi primera entrevista con *Elvar*, vi lo que estaba sucediendo y decidí que ningún delfín iba a experimentar conmigo psicológicamente. Así pues, retuve la pelota y, simplemente, comencé a nadar de acá para allá. Alrededor de un minuto después, *Peter* nadó con rapidez hacia mí y me rozó con su cuerpo empleando cierta fuerza. Esta vez sentí que algo sobresalía del cuerpo de *Peter* y que me tocaba suavemente al pasar. Cuando lo hizo por tercera vez, inmediatamente me di cuenta de lo que estaba ocurriendo. No se trataba de una de sus aletas de cola, no…, y en el acto me sentí como una de esas tías solteronas a la cual un varón hace una propuesta poco adecuada. Por supuesto, no estaba preparado para cooperar en tal sentido y acudieron a mi mente gran número de frases de disculpa como, por ejemplo: «¿Es que no conoces por ahí a ninguna bonita hembra?». Pero *Peter* continuó mostrándose alegre y sin ofenderse lo más mínimo por mi falta de respuesta a sus proposiciones. (Es posible que pensara que yo era demasiado estúpido como para entender *aquel* mensaje suyo).

Peter llevaba algún tiempo separado de las hembras y, en una época no muy lejana, se había pasado muchos días en íntimo contacto, incluyendo el sexual, con Margaret, otro ser humano. No creo que haya ningún vínculo sexual que justifique el afecto que los delfines sienten por los seres humanos, pero el incidente, sin duda, tiene cierto significado. Incluso en lo que nosotros describimos piadosamente con «bestialismo» solo hay unas pocas especies que, según tengo entendido, son utilizadas por los seres humanos en

actividades sexuales; estas especies pertenecen a la clase que los humanos han domesticado.

Me pregunto si algunos delfines albergan el pensamiento de domesticarnos a nosotros.

Las anécdotas sobre delfines siempre son tema de conversación en muchas reuniones de carácter social y también fuente de polémica y discusión. Una de las dificultades que he descubierto en la investigación sobre el lenguaje de los delfines y su inteligencia fue, precisamente, esta fascinación que ejercen las anécdotas; pero lo cierto es que nunca se han llevado a cabo pruebas que sean auténticamente científicas.

Por ejemplo, repetidas veces insistí en que se debía hacer el siguiente experimento: Se introduce al delfín A en un tanque que está equipado con dos audiomicrófonos. Cada hidrófono está unido a un suministrador automático de pescado que puede arrojar sabrosa comida a los delfines. En uno de los micrófonos suena música de Bach y en otro, música de los «Beatles». La música de una u otra clase ha de sonar al azar. Siempre que el delfín A se acerque hasta el micrófono idóneo —supongamos el que está difundiendo música de los «Beatles»— se le recompensa con un pez. Creo que no hay duda de que cualquier delfín, debido a su gran interés, podrá distinguir pronto entre Bach y los «Beatles». Pero esta no es la parte más importante del experimento. Lo que sí es significativo es el número de ensayos que se hagan antes de que el delfín A se convierta en elemento sofisticado, es decir, que en todo momento sepa que si desea un pez ha de acudir al lugar donde suenan los «Beatles».

A continuación, se separa al delfín A de los micrófonos mediante una barrera de plástico con ancho enrejado. El animal puede ver a través de la barrera, oler y saborear, y, lo más importante, puede oír y «hablar» a través de ella también. Pero no puede atravesarla nadando. Entonces se introduce al delfín B en la zona de los micrófonos. El delfín B es todavía un novato, es decir carece aún de experiencia en lo que concierne a los suministradores automáticos de comida submarinos, a Bach o a los «Beatles». A diferencia de la bien conocida dificultad en hallar «ingenuos» condiscípulos de colegio con quienes efectuar experimentos con la *Canabis sativa*, no debe existir dificultad alguna en encontrar delfines con total falta de experiencia de Bach y «Beatles». El delfín B debe pasar por el mismo método de aprendizaje que pasó el delfín A. Pero ahora, cada vez que el delfín B (al principio al azar) alcanza el éxito, no solamente se le premia con un pez, sino que también se arroja otro pez al delfín A, que en tales momentos está siendo testigo del

aprendizaje del delfín B. Si el delfín A tiene hambre, es muy probable que comunique al delfín B lo que sabe sobre Bach y los «Beatles». Si el delfín B está hambriento, prestará atención a la información que le suministra el delfín A. Por lo tanto la cuestión es: El delfín B, ¿muestra una curva de inteligencia más elevada que la del delfín A? ¿Alcanza el nivel de entendimiento en menos pruebas o en menos tiempo?

Si tales experimentos se repitieran muchas veces y se comprobara que las curvas de aprendizaje del delfín B, fuesen estadísticamente más significativas que las del delfín A, se habría establecido el hecho evidente de que entre ambos delfines se había dado una comunicación de información moderadamente interesante. Podría ser una descripción verbal de la diferencia entre Bach y los «Beatles» en mi opinión, tarea difícil, pero no imposible, o, simplemente, podría ser que solo se estableciera una distinción entre la izquierda y la derecha en cada prueba hasta que el delfín B la capta. Por supuesto, este no es el mejor método para probar la comunicación entre dos delfines, pero es típica de una enorme gama de experimentos que se podrían llevar a cabo. La verdad es que lamento mucho que hasta la fecha, que yo sepa, no se haya practicado ninguno de ellos.

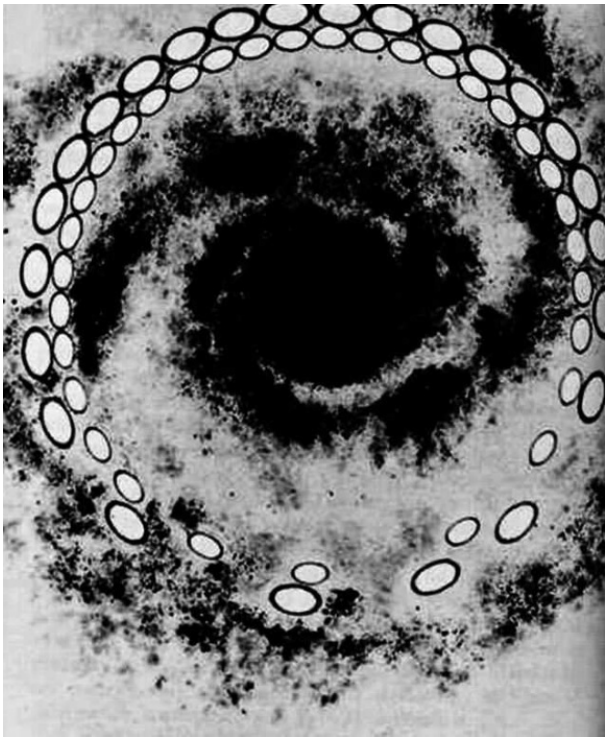
El tema de la inteligencia del delfín ha tenido para mí especial importancia en los últimos años, sobre todo cuando se desarrolló el caso de las ballenas. En un notable conjunto de experimentos, Roger Payne, de la Rockefeller University, situó hidrófonos a una profundidad de varias decenas de metros en el Caribe para tratar de grabar los cantos de las ballenas, miembro, con los delfines, de la clase taxonómica de los cetáceos, la ballena emite sonidos sumamente bellos y complejos, que se expanden bajo la superficie del océano a considerable distancia y que, al parecer, son de gran utilidad social en y entre las escuelas de ballenas, animales muy sociales y gregarios.

El tamaño del cerebro de las ballenas es mucho mayor que el de los seres humanos. Sus cortezas cerebrales presentan circunvoluciones. Por lo menos, son tan sociales como los seres humanos. Los antropólogos creen que el desarrollo de la inteligencia humana depende críticamente de estos tres factores: tamaño del cerebro, circunvoluciones cerebrales y acción recíproca social entre los individuos. Aquí tenemos una clase de animales en los cuales las tres condiciones que conducen a la inteligencia humana puede ser que se den con creces y, en algunos casos, se rebasen largamente.

Pero como las ballenas y los delfines no tienen manos, tentáculos u otros órganos táctiles, su inteligencia no puede determinarse en términos de

tecnología. ¿Qué hay en todo esto? Payne ha grabado ejemplos de canciones muy largas cantadas por la ballena, hasta el extremo de que algunas de ellas duran hasta media hora o más. Unas cuantas parecen repetirse, virtualmente fonema por fonema; poco después, todo el ciclo de sonidos vuelve a oírse una vez más. Algunas de las canciones se han grabado comercialmente y se pueden conseguir en discos de la CRM (SWR-II). Calculo que el número aproximado de retazos de información (véase capítulo XXXI) en una canción de ballena de media hora de duración, oscila entre un millón y cien millones. A causa de la variación de frecuencia muy larga en estas canciones, supuse que la frecuencia es importante en el contenido de la canción, o, dicho de otra manera, que el lenguaje de la ballena es tonal. Si no lo es tanto como sospecho, el número de retazos o fragmentos de información en tal canción puede descender por un factor de diez. Ahora, un millón de pulsaciones, retazos de información, a como se quiera llamar, es aproximadamente el número de pulsaciones que se menciona en *La Odisea* o en el *Eddas* de Islandia. (También es improbable que, en las pocas excursiones hidrofónicas realizadas en el terreno de las vocalizaciones cetáceas, se haya grabado la más larga de tales canciones).

¿Es posible que la inteligencia de los cetáceos se encauce al equivalente de la poesía épica, historia, y elaborados códigos de interacción social? ¿Son las ballenas y los delfines como Homeros humanos antes de la invención de la escritura, relatando grandes hazañas realizadas en años pasados en las profundidades y remotos lugares del mar? ¿Hay una especie de *Moby Dick* al revés, una tragedia desde el punto de vista de una ballena, de un implacable enemigo, de ataques no provocados, por extrañas bestias de madera y metal que surcan los mares cargadas con seres humanos?



Símbolo de una galaxia unificada, por Jon Lomberg. La galaxia representada es la M-74, en la constelación de Piscis.

Los cetáceos constituyen para nosotros una importante lección. La lección no se centra sobre ballenas y delfines, sino sobre nosotros mismos. Por lo menos, se dispone de pruebas moderadamente convincentes de que hay otra clase de seres inteligentes en la Tierra además de nosotros. Se comportan benignamente y, a veces, hasta nos muestran afecto. Sistemáticamente, les hemos eliminado. Hay un monstruoso y bárbaro comercio con los esqueletos y fluidos vitales de las ballenas. Se extrae el aceite para fabricar las barras de labios, lubricantes industriales y otros propósitos, aun cuando esto tenga cierto sentido económico marginal, pues hay lubricantes muy eficaces de otra clase. Pero ¿por qué hasta hace muy poco tiempo no se alzaron gritos en contra de esta carnicería? ¿Por qué tan poca compasión hacia las ballenas?

Es evidente que existe muy poco respeto por la vida en la industria ballenera, subrayando una profunda debilidad humana que, sin embargo, no se limita solo a las ballenas. En la guerra, hombre contra hombre, es corriente que cada bando deshumanice al otro, de manera que no haya ninguno de los naturales recelos o temores que un ser humano siente al matar a otro. Los nazis alcanzaron este objetivo declarando a pueblos enteros *untermenschen*, subhumanos. Entonces estaba permitido, tras semejante clasificación, privar a estos pueblos de sus libertades civiles, esclavizarlos y asesinarlos. El ejemplo de los nazis es el más monstruoso, pero no el más reciente. Podrían citarse muchos otros casos. En cuanto se refiere a los americanos, la encubierta

reclasificación de otros pueblos como *untermenschen* ha sido el lubricante de la maquinaria militar y económica desde las tempranas guerras contra los indios americanos hasta nuestras más recientes complicaciones militares, pero herederos de una antigua cultura, donde se les ha descrito y describe como simios, cerdos salvajes, diablos amarillos, ojos oblicuos, etc., es decir, toda una letanía de deshumanización, para que nuestros soldados y aviadores se sintieran más cómodos al liquidarlos.

Esta deshumanización se hace mucho más fácil mediante la guerra automatizada y destrucción aérea de objetivos invisibles. Aumenta la «eficiencia» de la guerra, porque socava nuestras simpatías hacia nuestros congéneres. Si no vemos a quienes matamos, no nos sentimos tan culpables de asesinato. Y si podemos tan fácilmente racionalizar el asesinato de otros seres pertenecientes a nuestra propia especie, ¿no será mucho más difícil sentir respeto hacia individuos inteligentes de diferentes especies?

Es en este punto donde surge el significado fundamental de los delfines en la búsqueda de inteligencia extraterrestre. No es el caso de si estamos emocionalmente preparados, a la larga, para enfrentarnos a un mensaje de las estrellas. Más bien se trata de si podemos desarrollar el sentido de que hay seres con distintas evoluciones, seres que pueden parecer muy diferentes a nosotros, incluso «monstruosos» seres, en resumen, que, sin embargo, son dignos de amistad y respeto, fraternidad, y confianza. Tenemos todavía que llegar muy lejos; mientras exista toda posible señal de que la comunidad humana se mueve en esta dirección, la pregunta es ¿nos movemos con suficiente rapidez? El contacto más probable con inteligencias extraterrestres será con una sociedad muchísimo más avanzada que la nuestra (capítulo XXVII). Pero no nos hallaremos en algún momento de un previsible futuro en la posición de los indios americanos o en la de los vietnamitas, barbaridad colonial practicada en nosotros por una civilización más avanzada tecnológicamente. Y no sucederá así a causa de los enormes espacios entre las estrellas, y lo que yo creo es la neutralidad o bondad de cualquier otra civilización que ha sobrevivido lo suficiente para que nos pongamos en contacto con ella. Ni tampoco la situación será la opuesta: rapiña terrestre contra civilizaciones extraterrestres, pues están demasiado lejos de nosotros y somos relativamente inofensivos. El contacto con otras especies inteligentes pertenecientes a un planeta de otra estrella —especies biológicamente muy diferentes, mucho más que nosotros de los delfines o las ballenas— puede ayudarnos a apartar de nuestros hombros el formidable bagaje de acumulados egoísmos, desde el nacionalismo hasta el chauvinismo humano. Aunque

pueda costar mucho tiempo la búsqueda de inteligencia extraterrestre, creo que, por el momento, lo mejor que podemos hacer es iniciar un auténtico programa de rehumanización, entablando lazos de amistad con las ballenas y los delfines.

CAPÍTULO 22

¡OIGA! ¿DISTRIBUCIÓN CENTRAL? ¡ ENVÍENME VEINTE EXTRATERRESTRES!

MI AMIGO ARTHUR C. CLARKE tenía un problema. Estaba escribiendo un guión con Stanley Kubrick del libro Dr. Strangelove. Se titularía «Viaje más allá de las estrellas» y, al parecer, se le había presentado alguna dificultad en el desarrollo del tema. ¿Podría cenar con ellos en el estudio de Kubrick, en Nueva York, y ayudarles un poco en el problema? (A propósito, el título de la película me pareció un poco extraño. Que yo supiera, no había ningún lugar más allá de las estrellas. Una película que versara sobre un lugar así tendría que ser dos horas de pantalla negra, pero estaba casi seguro de que semejante escena no era lo que Kubrick y Clarke pensaban hacer, por supuesto).

Tras disfrutar de una agradable cena, se planteó el problema de la manera siguiente: Aproximadamente en la mitad de la película, una nave espacial dirigida por el hombre se acerca bien a Júpiter 5, el satélite más interior de Júpiter, o a Yapeto, uno de los satélites de mediano tamaño de Saturno. Cuando la nave espacial se aproxima y se hace visible en la pantalla la curvatura del satélite, nos damos cuenta de que el satélite no es una luna natural. Se trata de un artefacto de alguna civilización pujante y muy avanzada. De repente, aparece una abertura en un lado del satélite y, a través de ella, vemos… estrellas. Pero no son realmente lo que hay al otro lado del satélite. Es una parte de firmamento de otro lugar desconocido. Se disparan pequeños cohetes hacia la abertura, pero se pierde el contacto con ellos tan pronto como pasan a través de ella. La abertura es una especie de puerta espacial, un camino para ir desde una parte del Universo a otra, sin tener que recorrer distancia alguna. La nave espacial atraviesa esta especie de puerta y surge en las cercanías de otro sistema estelar, en cuyo firmamento brilla, fulgurante, una estrella gigantesca. Orbitando al gigante rojo, hay un planeta, sin duda asiento de una avanzada civilización tecnológica. La nave espacial se aproxima al planeta, desciende sobre él, y luego… ¿qué?

Aunque las escenas con elementos humanos se rodarían en los estudios de Inglaterra, esta parte tan importante del guión —¡el final!— aún no había sido

escrita por los dos autores. La tripulación de la nave espacial, o al menos, una parte de ella, iba a establecer contacto con seres extraterrestres. Sí, pero ¿cómo describir a los extraterrestres? Kubrick sustentaba la opinión de que no fuesen muy diferentes de los seres humanos. La preferencia de Kubrick poseía una ventaja clara y a la vez económica: Llamaría a la Distribución Central y solicitaría veinte extraterrestres. Con un poco de maquillaje, tendría el problema resuelto. Otra alternativa que no fuera esta resultaría muy costosa.

Alegué que era tan grande el número de improbables acontecimientos individuales en la historia de la evolución del hombre, que tampoco era probable existiesen en el Universo seres parecidos a nosotros. Sugerí entonces que cualquier representación explícita de un ser extraterrestre avanzado, sin duda alguna mostraría, al menos, un elemento de falsedad y que la mejor solución sería sugerir a los seres extraterrestres en lugar de retratarlos *sui generis*.

La película, titulada después *2001: Una odisea espacial*, se estrenó tres años más tarde. En el día del estreno, me alegró ver que había prestado alguna ayuda. Como supimos por el libro de Jerome Agel, *The Making of Kubrick's «2001»*, Kubrick experimentó durante el rodaje con muchas representaciones de vida extraterrestre, incluyendo un bailarín ataviado con un maillot negro y entero con blancas notas musicales de polca. Fotografiado contra un fondo negro, esto podría ser visualmente muy eficaz. Por último, decidió establecer una representación surrealista de la inteligencia extraterrestre. La película desempeñó un importante papel en hacer comprender al hombre de la calle cuál podría ser aproximadamente la perspectiva cósmica. Muchos científicos soviéticos consideran a *2001* como la mejor película americana que han visto. Las ambigüedades extraterrestres no les molestaron ni preocuparon en absoluto.

Durante el rodaje de *2001*, Kubrick, que evidentemente era un hombre preocupado por los detalles, llegó a abrigar temores de que se pudiera descubrir la inteligencia extraterrestre antes de que se explotara comercialmente la película que costaba la friolera de diez millones de dólares, y que, en tal caso, su labor fuera inútil, además de equivocada. Entraron en contacto con el Lloyd's de Londres para suscribir una póliza de seguros para protegerse contra las pérdidas en el caso de que se descubriera inteligencia extraterrestre, pero el Lloyd's de Londres, compañía que asegura las contingencias más increíbles, se negó a suscribir tal póliza. En la década de los sesenta, aún no se había llevado a cabo ningún esfuerzo para buscar

inteligencia extraterrestre, y lo cierto es que era muy remota la probabilidad de tropezarse con ella en pocos años o en muchos. Así pues, el Lloyd’s de Londres se perdió un buen negocio.

CAPÍTULO 23

LA CONEXIÓN CÓSMICA

DESDE LOS PRIMEROS TIEMPOS, los seres humanos han reflexionado sobre el lugar que ocupan en el Universo. Se han preguntado si están conectados de alguna manera con el asombroso e inmenso cosmos en el que la Tierra está inmersa.

Hace muchos miles de años se inventó una seudociencia llamada Astrología. Las posiciones de los planetas, al nacer un niño, se creía que desempeñaban un papel importantísimo en determinar su futuro. Los planetas, puntos de luz de eterno parpadear, eran dioses. En su vanidad, el hombre imaginó un universo diseñado para su propio beneficio y perfectamente organizado para su uso particular.

Quizá se supuso que los planetas eran dioses a causa de sus movimientos irregulares. La palabra «planeta» significa, en griego, vagabundo. El imprevisible comportamiento de los dioses en muchas leyendas puede haber correspondido con los, al parecer, también imprevisibles movimientos de los planetas. Se supone que se razonó así: Los dioses no se sujetan a normas; los planetas no se sujetan a normas; los planetas son dioses.

Cuando la antigua casta sacerdotal astrológica descubrió que el movimiento de los planetas no era Irregular, sino previsible, se guardaron la información para sí. No valía la pena preocupar innecesariamente al populacho, socavar sus creencias religiosas y erosionar las bases del poder político. Además, el Sol era la fuente de vida. La Luna, mediante las mareas, dominaba la agricultura, especialmente en las cuencas de ríos como el Nilo, Indo y el Tigris-Éufrates. ¡Cuán razonable era entonces que estas luces menores, los planetas, ejercieran influencia sobre la vida humana, una influencia más sutil, pero no menos eficaz!

La búsqueda de una conexión, el eslabón entre la gente y el Universo, no ha disminuido desde los albores de la astrología. A pesar de los avances de la ciencia, aún persiste tal necesidad.

Ahora sabemos que los planetas son, aproximadamente, mundos como el nuestro. Sabemos también que su luz y gravedad no influyen en absoluto en el nacimiento de un niño. Sabemos que hay enormes cantidades de otros objetos

—asteroides, cometas, pulsars, quasars, galaxias explosivas, agujeros negros, etcétera—, objetos desconocidos para los antiguos especuladores que inventaron la astrología. El Universo es muchísimo más grande de lo que pudieron haber imaginado.

La Astrología no ha tratado de mantenerse a la altura de los tiempos. Incluso los cálculos de los movimientos planetarios y posiciones establecidos por la mayor parte de los astrólogos son normalmente inexactos.

Ningún estudio muestra estadísticamente un índice de éxitos significativos al predecir, mediante sus horóscopos, el futuro o los rasgos de la personalidad de los recién nacidos. No hay ningún campo de radioastrología, o astrología por rayos X, o astrología por rayos gamma, que tengan en cuenta las nuevas fuentes astronomicoenergéticas descubiertas en años recientes.

Sin embargo, la Astrología sigue siendo sumamente popular en todas partes. Por lo demás, hay diez veces más astrólogos que astrónomos. Un gran número, probablemente la mayor parte, de periódicos en los Estados Unidos publican diariamente sus secciones de horóscopos.

Mucha gente joven, gente brillante y socialmente bien situada, siente gran interés por la Astrología. Satisface una necesidad interior de sentirse importantes como seres humanos en un cosmos inmenso y asombroso, creer que de alguna manera nos relacionamos con el Universo, ideal de muchas experiencias religiosas y campo de las drogas, el *samadhi* de algunas religiones orientales.

Los grandes conocimientos de la astronomía moderna demuestran que, en algunos aspectos muy diferentes a los imaginados por los antiguos astrólogos, *estamos* conectados con el Universo.

Los primeros científicos y filósofos —Aristóteles, por ejemplo— imaginaron que el cielo estaba hecho de un material diferente al de la Tierra, una especie de sustancia celeste, pura e inmaculada. Ahora sabemos que este no es el caso. Trozos del cinturón de asteroides llamados meteoritos, las muestras de la Luna traídas por los astronautas del *Apolo* y por las sondas soviéticas, el viento solar y los rayos cósmicos, que probablemente se generan por la explosión de estrellas y sus restos, todos ellos muestran la presencia de los mismos átomos que conocemos aquí, en la Tierra. La espectroscopia astronómica puede determinar la composición química de estrellas situadas a miles de millones de años luz de distancia. Todo el Universo está hecho con material familiar. Los mismos átomos y moléculas se hallan presentes a enormes distancias de la Tierra como lo están dentro de nuestro Sistema Solar.

Estos estudios conducen a una notable conclusión. No solamente el Universo está en todas partes constituido por los mismos átomos, sino que los átomos, hablando en términos generales, están presentes en todas partes y en aproximadamente las mismas proporciones.

Casi toda la sustancia de las estrellas y materia interestelar entre estrellas es hidrógeno y helio, los dos átomos más simples.

Todos los demás átomos son impurezas, restos de elementos. Esto también puede aplicarse a los grandes planetas exteriores de nuestro Sistema Solar, como Júpiter. Pero no es así en cuanto se refiere a los trozos comparativamente pequeños de roca y metal en la parte interior del Sistema Solar, como nuestro planeta Tierra. Esto ocurre porque los pequeños planetas terrestres tienen gravedades demasiado débiles para retener sus atmósferas originales de hidrógeno y helio, atmósferas que gradualmente han escapado al espacio.

Los siguientes átomos más abundantes en el Universo son el oxígeno, carbono, nitrógeno y neón. Todo el mundo ha oído hablar de estos átomos. ¿Por qué los elementos que más abundan en el plano cósmico son los más razonablemente corrientes en la Tierra, y no, por ejemplo, el itrio o el praseodimio?

La teoría de la evolución de las estrellas está lo suficientemente avanzada para que los astrónomos puedan comprender sus diferentes clases y sus relaciones: cómo una estrella nace del gas y polvo interestelares, cómo brilla y se desarrolla mediante reacciones termonucleares en su ardiente interior, y cómo muere. Estas reacciones termonucleares son de la misma clase que las reacciones que fundamentan las armas nucleares (bombas de hidrógeno): La conversión de cuatro átomos de hidrógeno en uno de helio.

Pero en las posteriores etapas de la evolución estelar en el interior de las estrellas se alcanzan elevadas temperaturas, y los elementos más pesados que el helio se generan por procesos termonucleares. La astrofísica nuclear indica que los átomos más abundantes, producidos en estas gigantescas estrellas ardientes, son precisamente los átomos que más se encuentran en la Tierra y en cualquier otra parte del Universo. Los átomos pesados, generados en los interiores de los gigantes rojos, son arrojados al medio interestelar mediante un lento reflujo desde la atmósfera de la estrella, como nuestro propio viento solar, o por medio de poderosas explosiones estelares, algunas de las cuales pueden hacer que una estrella brille mil millones de veces más que nuestro Sol.

Un reciente estudio espectroscópico con infrarrojos de estrellas en fusión descubrió que están lanzando al espacio silicatos, polvo de roca, como arrojado al medio interestelar. Las estrellas de carbono probablemente lanzan partículas de grafito al espacio cósmico que las rodea. Otras estrellas desprenden hielo.

En sus primeras etapas históricas, probablemente algunas estrellas como el Sol lanzaron lejos de sí grandes cantidades de compuestos orgánicos al espacio interestelar; de hecho y mediante el empleo de métodos radioastronómicos, se encuentran moléculas orgánicas simples que parecen rellenar el espacio entre las estrellas. La nebulosa planetaria más brillante que se conoce (una nebulosa planetaria es una nube en expansión, por lo general rodeada por una estrella explosiva llamada nova) parece contener partículas de carbonato de magnesio.

Estos átomos pesados —carbono, nitrógeno, oxígeno, silicio, y demás— flotan en el medio interestelar hasta que en algún momento posterior se da una condensación gravitacional local y se forman un nuevo sol y nuevos planetas. Este sistema solar de segunda generación está enriquecido por elementos pesados.

La nebulosa Triffid, una densa nube de polvo y gas, de la cual se están formando brillantes estrellas.

El destino de los seres humanos puede no estar conectado de una manera profunda con el resto del Universo, pero la materia de que estamos hechos se halla íntimamente ligada a procesos que ocurrieron durante inmensos intervalos de tiempo y enormes distancias en el espacio lejos de nosotros. Nuestro Sol es una estrella de tercera generación. Todo el material rocoso y metálico sobre el cual nos encontramos, el hierro de nuestra sangre, el calcio

de nuestros dientes, o el carbono de nuestros genes se produjeron hace miles de millones de años en el interior de una gigantesca estrella roja. Estamos hechos de material estelar.

Nuestra conexión molecular y atómica con el resto del Universo es un circuito cósmico real y nada caprichoso o imaginativo.

Al explorar el firmamento que nos rodea con el telescopio y con las naves espaciales, es posible que surjan otros circuitos. Pueden ser una red de civilizaciones extraterrestres intercomunicadas a las que probablemente mañana tengamos que unirnos nosotros. La tan cacareada aseveración de la astrología —que las estrellas influyen sobre nuestros caracteres individuales — no será confirmada por la astronomía moderna.

Pero incluso así, es evidente que antes, ahora y no sabemos aún si en el futuro, existe la necesidad humana de entender nuestra conexión con el Universo. Y también lo cierto es que este objetivo lo tenemos al alcance de la mano.

CAPÍTULO 24

VIDA EXTRATERRESTRE: UNA IDEA CUYO MOMENTO HA LLEGADO

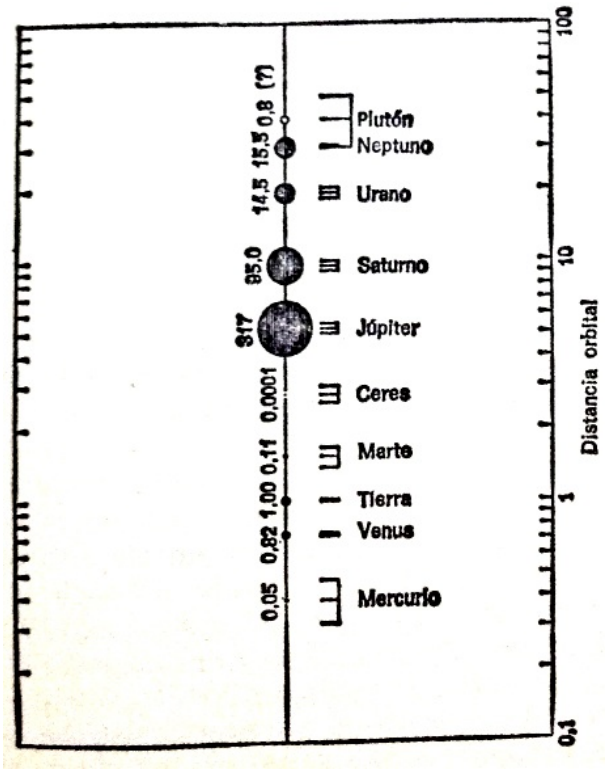
HACE MILES DE AÑOS, la idea de que los planetas estaban poblados por seres inteligentes resultaba inconcebible. Se pensaba que los propios planetas eran seres inteligentes. Marte era el dios de la guerra. Venus, la diosa de la belleza, y Júpiter, el rey de los dioses.

En los primeros tiempos de Roma, unos pocos escritores, Luciano de Samosata, por ejemplo, concibió que al menos la Luna era un lugar que estaba poblado como la Tierra. Su relato de ciencia-ficción describiendo un viaje a la Luna se tituló «La Verdadera Historia». Por supuesto, era falsa.

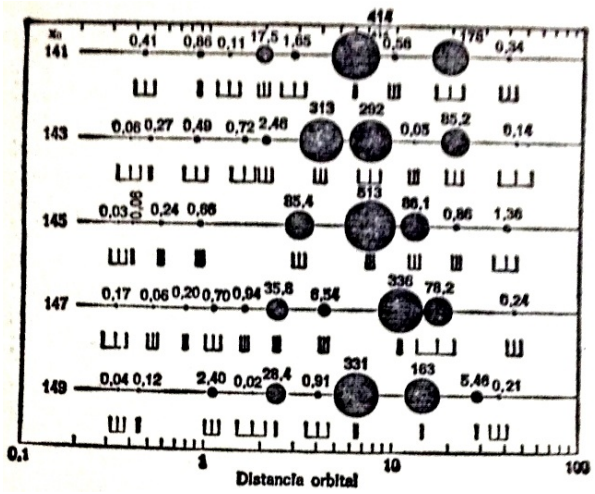
En el Renacimiento surgió la idea de que los planetas no eran más que un reloj celeste, un reloj elegante, creado por el Señor para asombro y utilidad de los hombres. En 1600, Giordano Bruno fue quemado en la hoguera, en parte por dar publicidad a su teoría de que había otros mundos habitados por otros seres.

En los siglos siguientes, el péndulo apuntó en otra dirección. Escritores como Bernard de Fontenelle, Emmanuel Swedenborg, e incluso Immanuel Kant y Johannes Kepler, pudieron imaginar sin ningún problema de censura que todos los planetas estaban habitados. Por supuesto, en la idea se implicaba que el nombre del planeta prestaba carácter a sus habitantes. Los de Venus eran amorosos; los de Marte, guerreros o militares; los habitantes de Mercurio, inconstantes; los de Júpiter, alegres y joviales, y así sucesivamente. El gran astrónomo británico William Herschel incluso opinó que el Sol estaba habitado.

Pero a medida que el medio ambiente físico del Sistema Solar fue haciéndose más claro, y al hacerse también más evidente la excelente adaptación al medio ambiente de organismos de la Tierra, surgieron los escépticos. Probablemente, Marte y Venus estaban habitados, pero seguramente ni Mercurio, ni la Luna ni Júpiter. Y así sucesivamente.



En las últimas décadas del siglo XIX, las observaciones del planeta Marte, realizadas por Giovanni Schiaparelli y Percival Lowell, despertaron la emoción pública ante la posibilidad de la existencia de inteligencia en nuestro planeta vecino planetario. La pasión de Lowell por la idea de que hubiese seres inteligentes en Marte y la amplia difusión de sus libros hicieron mucho por llamar la atención del público, como sucedió con los escritores de ciencia-ficción que siguieron la pauta marcada por Lowell.



Pero cuando las pruebas de la existencia de vida inteligente en Marte se fueron debilitando, y se fue sabiendo que el medio ambiente de Marte era

inclemente de acuerdo con las normas terrestres, todo el entusiasmo popular se desvaneció.

Por entonces, el interés científico por la vida extraterrestre había alcanzado su nadir. El mismo entusiasmo con que Lowell había perseguido la idea de la existencia de seres inteligentes en Marte y la atención que prestaba el hombre de la calle a estas ideas quedaron anuladas por otros muchos científicos. Por añadidura, un nuevo campo astronómico, la astrofísica, la aplicación de la física a las superficies e interiores de las estrellas, habían logrado extraordinarios éxitos, siendo así que los jóvenes astrónomos más entusiastas se dedicaron al estudio de la astronomía estelar, abandonando, en gran medida, los estudios planetarios. El péndulo había oscilado tan lejos que en el período que siguió a la Segunda Guerra Mundial hubo —en todos los Estados Unidos— solo Un astrónomo dedicado a serias investigaciones físicas de los planetas, G. P. Kuiper, de la Universidad de Chicago. Los astrónomos no solo habían prescindido de la vida extraterrestre, sino también de los estudios planetarios en general.

Desde 1950, la situación ha vuelto a sus antiguos cauces lentamente; el péndulo oscila de nuevo normalmente. El desarrollo de nuevos instrumentos de medida (subproducto de la Segunda Guerra Mundial), al principio con base en tierra y más tarde en el espacio, ha producido una masiva infusión de nuevos conocimientos básicos sobre los medios ambientes físicos de la Luna y de los planetas. Una vez más, los jóvenes científicos se han sentido atraídos por los estudios planetarios, no tan solo los astrónomos, sino también los geólogos, químicos, físicos y biólogos. La disciplina los necesita a todos.

Ahora sabemos que los fundamentos del origen de la vida están en los terrenos de la física y de la química; siempre que se exponen las atmósferas primitivas normales a las fuentes de energía común, los cimientos de la vida en la Tierra caen de la atmósfera en períodos de días o semanas. Se han hallado compuestos orgánicos en los meteoritos y en el espacio interestelar. Se han encontrado pequeñas cantidades en medios ambientes tan poco hospitalarios como el de la Luna. Se sospecha que existen en Júpiter, en los planetas exteriores del Sistema Solar, así como en Titán, la luna más grande de Saturno. Actualmente, tanto la teoría como la observación sugieren que los planetas son un acompañamiento acostumbrado de estrellas, más bien que una ocurrencia rara, como estuvo de moda creer en las primeras décadas de este siglo.

Por primera vez disponemos ahora de medios para establecer contacto con civilizaciones en planetas de otras estrellas. Es un hecho asombroso que el

radiotelescopio de 30 m de diámetro del National Astronomy and Ionosphere Center, dirigido por la Cornell University en Arecibo, Puerto Rico, fuese capaz de comunicarse con otro idéntico situado en cualquier lugar de la Vía Láctea. Disponemos de los medios de comunicarnos no solo venciendo distancias de centenares de miles de años-luz, sino que podemos hacerlo de esa manera en un volumen que contenga centenares de miles de millones de estrellas. La hipótesis de que existen civilizaciones muy avanzadas en otros planetas se está poniendo a prueba. Ya ha dejado de ser pura especulación. Ahora se halla en el terreno de la experimentación.

Nuestro primer intento de escuchar emisiones de sociedades extraterrestres fue el Proyecto Ozma. Organizado por Frank Drake, en 1960 en el Observatorio National de Radioastronomía (NRAO) contempló dos estrellas en una frecuencia durante dos semanas. Los resultados fueron negativos. En la actualidad, se han llevado a la práctica proyectos mucho más ambiciosos en el Instituto de Radiofísica Gorki de la Unión Soviética, y en la NRAO, Estados Unidos. En total, probablemente se examinen unos cuantos centenares de cercanas estrellas en una o dos frecuencias, Pero incluso los cálculos más optimistas sobre las distancias a las estrellas más próximas sugieren que habrá que examinar centenares de miles de millones de estrellas antes de que por parte de una de ellas se reciba una señal inteligible. Esto requiere un gran esfuerzo que abarque un sustancioso período de tiempo. Pero es un esfuerzo que está dentro de nuestros recursos, nuestras habilidades y nuestros intereses.

El cambio en el clima de opinión acerca de la vida extraterrestre se reflejó en 1971, mediante una conferencia científica celebrada en Biurakán, Armenia soviética, patrocinada conjuntamente por la Academia Soviética de Ciencias y la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Tuve el privilegio de asistir a esta reunión con la delegación americana. Los participantes representaban a los campos de la astronomía, física, matemáticas, biología, química, arqueología, antropología, historia, electrónica, tecnología de computadoras y criptografía. El grupo, que incluía a dos escépticos laureados Nobel, aparecía perfectamente marcado por sus límites tanto nacionales como disciplinarios. La conferencia concluyó que las oportunidades o posibilidades de que hubiese vida extraterrestre, además de nuestra capacidad tecnológica actual para poder comunicar con tales supuestas civilizaciones, eran suficientemente razonables como para iniciar una seria investigación. Algunas de las conclusiones específicas a que se llegaron fueron las siguientes:

1. Los sorprendentes descubrimientos de años recientes en los campos de la astronomía, biología, ciencia de computadores y radiofísica han hecho que algunos de los problemas de las civilizaciones extraterrestres y su detección pasen del campo de la especulación al de la experimentación y observación. Por vez primera en la historia humana, es posible llevar a cabo detallados experimentos e investigaciones de este problema tan fundamental e importante.

2. Es probable que este problema tenga profundo significado en el futuro desarrollo de la Humanidad. Si en algún momento se descubre la existencia de civilizaciones extraterrestres, este hecho ejercerá enorme influencia en la capacidad tecnológica y científica humanas, hasta el punto de que tal descubrimiento podrá influir, positivamente, en todo el futuro del hombre. El significado práctico y filosófico de un contacto de éxito con una civilización extraterrestre sería tan enorme como para justificar el hecho de que realicemos ingentes esfuerzos. Las consecuencias de tal descubrimiento, sin duda alguna, aumentarían de manera notable los conocimientos humanos.

3. Los recursos científicos y tecnológicos de nuestro planeta son ya suficientemente importantes como para permitirnos iniciar investigaciones orientadas hacia la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Como norma, tales estudios han de proporcionar importantes resultados científicos, aun cuando la búsqueda específica de inteligencia extraterrestre no consiga éxito alguno. En la actualidad, estas investigaciones pueden llevarse a cabo con eficacia en varios países mediante sus propias instituciones científicas. Sin embargo, incluso en esta primera etapa, sería útil discutir y establecer programas de coordinación en cuanto se refiere a tales investigaciones e intercambiar información científica. En el futuro sería deseable combinar los esfuerzos de los investigadores de varios países para lograr objetivos de observación y experimentación. Consideramos adecuado que la búsqueda de inteligencia extraterrestre deba realizarse por representantes de toda la Humanidad.

4. En la Conferencia se han discutido diversos métodos que han de emplearse en la búsqueda de vida e inteligencia extraterrestre. La realización de la más elaborada de estas propuestas o métodos necesitaría considerable tiempo y esfuerzo y emplear unos medios económicos comparables a los que se dedican a la investigación espacial y nuclear. Sin embargo, también se pueden iniciar investigaciones en escalas más modestas.

5. Los participantes en la Conferencia consideran muy valiosa la investigación y experimentos que se realizan en la actualidad y que deben seguir efectuándose en el futuro en cuanto se relaciona con las naves espaciales, experimentos que han de orientarse hacia la búsqueda de vida en otros planetas de nuestro Sistema Solar. Recomiendan la continuación y esfuerzos en tales áreas como la de la química orgánica prebiológica, búsqueda de sistemas planetarios extrasolares y biología evolucionaria, que tanto se relacionan con el problema.

6. La Conferencia recomienda la iniciación de nuevas investigaciones específicas orientadas hacia modos o métodos de captar señales.

(Todas las actas y procedimientos de la conferencia se han publicado como *Comunicación con la Inteligencia Extraterrestre,* Carl Sagan, Cambridge, Massachusetts. La M. I. T. Press, 1973).

Otra señal de la creciente aceptación de la búsqueda de inteligencia extraterrestre son las recomendaciones de la Comisión Inspectora de Astronomía de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, a la que se había solicitado resumiera las necesidades de la astronomía para la década de los años 70. El informe de la comisión fue el primer informe nacional sobre el futuro de la astronomía que recomendaba la búsqueda de inteligencia extraterrestre, como posible importante subproducto de la investigación astronómica en un futuro próximo y justificación para fabricar grandes radiotelescopios.

Pisando un terreno más práctico, diremos que se están llevando a cabo también intensos estudios de laboratorio sobre los orígenes de la vida en la Tierra. Si el origen de la vida en la Tierra resulta haber sido muy «fácil», entonces también serán muchas las posibilidades de que haya vida en otros lugares del Universo.

Existe asimismo un proyecto en los Estados Unidos —el Proyecto Vikingo— para situar instrumentos en la superficie de Marte y buscar así formas de vida en aquel planeta.

Evidentemente, la idea de la vida extraterrestre es algo que, por suerte, preocupa al mundo entero.

CAPÍTULO 25

¿HA SIDO VISITADA LA TIERRA?

POR SUPUESTO, la forma más barata y fácil de comunicarse con la Tierra, si usted fuera representante de una civilización extraterrestre avanzada, sería, sin duda, por radio. Un simple mensaje enviado a través del espacio con dirección a la Tierra costaría menos de un penique. Por tanto, parece razonable que en la búsqueda de inteligencia extraterrestre comencemos por investigar esta posibilidad. Pero ¿hemos de abandonar otras posibilidades? ¿No sería una estupidez dedicar todos nuestros esfuerzos a escuchar mensajes radiados o a buscar señales de vida en Marte cuando aquí, en la Tierra, pueden existir pruebas de una vida extraterrestre?

Existen dos hipótesis de esta clase que han conseguido un puesto en la literatura popular. La primera de ellas sugiere, y a veces asegura, que la Tierra, hoy día, está siendo visitada por naves espaciales de otros mundos, esta es la hipótesis de los platillos volantes u objetos voladores sin identificar. La segunda también postula que la Tierra fue visitada por este tipo de naves espaciales, pero en el pasado, antes de escribirse la Historia.

La hipótesis de los ovnis, es decir la primera de las mencionadas, es tema muy complejo y que depende de la fiabilidad de los testigos. Hace unos años se publicó una amplia discusión sobre este problema en *UFO's: Un Debate Científico* (Carl Sagan y Thornton Page, editores, Ithaca, N. Y. Cornell University Press, 1972), en el cual se han aireado todos los aspectos del tema. Mi punto de vista personal es que no hay casos que al mismo tiempo sean muy seguros (comunicados independientemente por un gran número de testigos) y muy extraños (no explicables en términos de fenómenos postulados de manera razonable, como, por ejemplo, una extraña luz que se mueve podría ser la de un reflector de un avión meteorológico o la de una operación militar aérea de suministro de combustible). No existen casos, comunicados con absoluta seguridad, sobre extrañas máquinas que aterricen o despeguen, por ejemplo.

Hay otra aproximación a la hipótesis extraterrestre de los orígenes de los ovnis. Esta valoración depende de un gran número de factores sobre los cuales conocemos muy pocas cosas y, de otros pocos más, acerca de los

cuales no sabemos nada. Deseo hacer un cálculo de las probabilidades de que seamos visitados con frecuencia por seres extraterrestres.

Hoy día, se dispone de una gran gama de hipótesis que pueden examinarse de esa forma. Un ejemplo: Consideremos la hipótesis Santa Claus que mantiene que, durante un período de ocho horas o así, el 24-25 de diciembre de cada año, un duendecillo o enano visita cien millones de hogares en los Estados Unidos. Esta es una hipótesis interesante y ampliamente discutida. Está cargada de fuertes emociones y se dice que por lo menos no hace daño a nadie.

Hagamos algunos cálculos. Supongamos que el duende en cuestión pasa un segundo en cada casa. Bien, sospecho que este no es el verdadero cuadro que todo el mundo imagina, pero sigamos con el cálculo. Aun mostrándose muy rápido en sus visitas, y esto explicaría por qué hay mucha gente que no lo ve mucho, el duende, invirtiendo un segundo por casa, tendría que pasar tres años llenando calcetines. He supuesto que no invierte ningún tiempo en ir de casa en casa. Aun contando con el popular reno, el tiempo pasado en cien millones de casas sigue siendo el de tres años y no el de ocho horas. Entonces, hemos de concluir que esta hipótesis es absurda.

Podemos hacer un examen parecido, pero con mayor inseguridad, de la hipótesis extraterrestre que sostiene que un gran número de ovnis vistos sobre el planeta Tierra son vehículos espaciales procedentes de planetas de otras estrellas. Los informes indican que, al menos en casos recientes, estos fenómenos se han dado a diario, varios por día. No lo discutiré. Me voy a limitar a ser más conservador en este terreno y a suponer que tales visitas se reducen a solo una por año. Veamos qué es lo que esto implica.

Hemos de tener en cuenta para ello el número, N, de existentes civilizaciones técnicas en la Galaxia, es decir civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra, civilizaciones que pueden, sea cuales fueren sus medios, llevar a cabo vuelos en el espacio interestelar. (Aunque los medios son difíciles, no forman parte de esta discusión, así como tampoco el mecanismo de propulsión del popular reno no afectó a nuestra discusión de la hipótesis Santa Claus).

Se ha intentado detallar explícitamente los factores que entran en la determinación del número de tales civilizaciones técnicas de la Galaxia. No expondré aquí qué números se han asignado a las diversas cantidades implicadas: se trata de una multiplicación de muchas probabilidades, y la probabilidad de que podamos hacer un buen juicio disminuye a medida que recorremos la lista. N depende primero del índice de velocidad a que se

formen las estrellas en la Galaxia, número que se conoce razonablemente bien. Depende del número de estrellas que tengan planetas, lo que es menos conocido, pero disponemos de algunos datos sobre esto. Depende de la fracción de tales planetas que estén situados de manera tan adecuada con respecto a su estrella que el medio ambiente sea factible para el origen de la vida. Depende de la fracción de tales posibles planetas en los que el origen de la vida se dé en realidad. Depende de la fracción de *aquellos* planetas en los cuales se da el origen de la vida y en lo que, después que ha surgido la vida, *llega a ser* una forma de vida. Depende de la fracción de *aquellos* planetas en los cuales han surgido formas inteligentes que implican la existencia de una civilización técnica sustancialmente mucho más avanzada que la nuestra. Y depende de las esperanzas o promedio de vida de tal civilización técnica.

Está claro que agotaremos los ejemplos a medida que avancemos cada vez más lejos. Tenemos muchas estrellas, pero solo un ejemplo del origen de vida y únicamente un número muy limitado —algunos dirían que uno— de casos o ejemplos de la evolución de seres inteligentes y civilizaciones técnicas en este planeta. Y no tenemos casos mediante los cuales poder juzgar cuál será el promedio de vida de una civilización técnica. Sin embargo, hay un pasatiempo al que algunos de nosotros hemos dedicado algunos ratos, realizando nuestros mejores cálculos sobre estos números y obteniendo un valor de N. El resultado es que N iguala en años aproximadamente a una décima parte del promedio de vida de una civilización técnica.

Si pensamos en un número como el de diez millones de años (10^7) para el promedio de vida de una avanzada civilización técnica, obtendremos un número para tales civilizaciones en la Galaxia de aproximadamente un millón (10^6), es decir un millón de otras estrellas con planetas en los cuales hoy existen civilizaciones avanzadas. Realmente es difícil hacer un cálculo exacto. La elección de diez millones de años para el promedio de vida de una civilización técnica es más bien optimista. Pero aceptemos estos optimistas números y veamos a dónde nos llevan.

Supongamos que cada uno de estos millones de civilizaciones técnicas lanza vehículos espaciales interestelares en un año Q, de manera que 10^6Q vehículos espaciales interestelares se lanzan durante el año. Supongamos que solo se establece un contacto por cada viaje. En situación estable, hay algo así como 10^6Q llegadas a uno u otro lugar por año. Ahora bien, seguramente hay unos 10^{10} lugares interesantes en la Galaxia dignos de ser visitados (nosotros tenemos varias veces 10^{11} estrellas) y, por lo tanto un término medio de $^1/_{10^4} = 10^{-4}$ llegadas a cualquier lugar interesante (digamos un planeta) por año.

Así pues, si tan solo un ovni ha de visitar la Tierra cada año, podemos calcular cuál es el índice de lanzamientos que precisa realizar cada uno de estos millones de mundos. El número resultante es de diez mil lanzamientos por año y por civilización y diez mil millones de lanzamientos por año en la Galaxia. Esto parece excesivo. Aun cuando imaginemos una civilización mucho más avanzada que la nuestra, el hecho de lanzar diez mil vehículos para que tan solo aparezca aquí uno, probablemente es pedir mucho. Y si fuésemos más pesimistas acerca del promedio de vida de una civilización técnica, necesitaríamos proporcionalmente un índice mucho mayor de lanzamiento al espacio interestelar. Pero a medida que disminuye el promedio de vida, la probabilidad de que una civilización desarrolle vuelos interestelares también se reduce, como es lógico.

Densas nubes estelares en dirección a la constelación de Sagitario, hacia el centro de la Galaxia. Las oscuras sendas son nubes de polvo donde se están formando moléculas orgánicas complejas. Entre estas estrellas hay algunas que nacen, y otras, que mueren. En el espacio captado por esta fotografía, probablemente hay innumerables planetas habitados, que giran alrededor de las estrellas.

El físico americano Hong-Yee Chiu razona que es posible que llegue más de un ovni por año a la Tierra. Pero su argumento sigue la misma línea del que acabo de presentar yo. Dicho físico calcula la masa total de metales que implica la construcción de estos vehículos espaciales durante esta historia de la Galaxia. El vehículo ha de tener algún tamaño —digamos que ha de ser mayor que la cápsula del *Apolo*—, y así podemos calcular cuánto metal se necesita. Resulta que habría que procesar la masa total de medio millón de estrellas y extraer todos sus metales. O si ampliamos el argumento y suponemos que únicamente se pueden someter a esta extracción minera las estrellas exteriores que se hallan a unos centenares de kilómetros aproximadamente de estrellas como el Sol, extracciones que habría que realizar mediante una tecnología superavanzada (más cerca del Sol sería imposible), hallamos que han de procesarse dos mil millones de tales estrellas

o aproximadamente el 1 % de las estrellas de la Galaxia. Esto también suena a improbable.

Ahora bien, cualquiera puede alegar: «Bien, pero ese es un razonamiento un tanto discutible, porque es posible que dispongan de naves espaciales de plástico». Sí, supongo que eso es posible. Pero el plástico ha de venir de algún sitio, y así el plástico contra metal cambia las conclusiones muy poco. Este cálculo nos proporciona cierta idea acerca de la magnitud de la tarea cuando se nos pide que creamos que hay visitas rutinarias y frecuentes a nuestro planeta.

¿Y qué hay sobre los posibles argumentos en contra? Por ejemplo, se podría alegar que somos objeto de especial atención, pues hemos perfeccionado toda clase de muestras de civilización y de alta inteligencia como las armas nucleares, y puede ser, por tanto, que seamos objeto de interés para los antropólogos interestelares. Quizá. Pero hemos señalado la presencia de nuestra civilización técnica solo en las últimas décadas. Las noticias precisan recorrer algunas decenas de años-luz. Por otra parte, todos los antropólogos del mundo no convergen en las Islas Andamán solo porque allí se haya inventado la red de pescar. Hay unos pocos especialistas en redes de pesca y unos pocos especialistas andamianos; y estos tipos dicen: «Bien, algo terrible está sucediendo en las Islas Andamán. Tengo que pasarme allí un año, porque, si no voy ahora, me lo perderé, lo pasaré por alto». Pero los expertos en alfarería y los especialistas en los aborígenes de Australia no hacen las maletas y parten para el océano Índico.

Imaginar que hay algo por completo fascinante en lo que está ocurriendo aquí es precisamente contrario a la idea de que estamos rodeados por otras civilizaciones. Porque si esto último es cierto, nuestro tipo de civilización debe ser muy común. Y sino somos muy comunes, entonces es que no habrá muchas civilizaciones avanzadas o, al menos, lo suficientemente avanzadas como para enviar visitantes.

Aun así, ¿no es posible que sea cierta o acertada la segunda hipótesis ovni: de que en épocas prehistóricas o aún más recientes un vehículo espacial aterrizó en la Tierra? No hay manera de que podamos excluir tal contingencia. ¿Cómo podríamos probarla?

Recientemente se han publicado muchos libros que pretenden demostrar la realidad de tales visitas. Los argumentos son de dos clases: leyenda y artefactos. Mencioné este tema en el libro *Vida Inteligente en el Universo*, escrito con el astrofísico soviético I. S. Shklovski, y publicado en 1966. Examiné una sugestiva y típica leyenda de contactos entre nuestros

antepasados y un, al parecer, representante de una sociedad superior. La leyenda, tomada de la más antigua mitología sumeria, es importante, porque los sumerios son los antecedentes directos de nuestra propia civilización. Se supone que un ser superior enseñó a los sumerios matemáticas, astronomía, agricultura, organización política y social y lenguaje escrito, todas las artes necesarias a la transición de una sociedad cazadora a la primera civilización.

Pero por muy provocativas que fueran estas leyendas, concluí que era imposible *demostrar* contactos extraterrestres a juzgar por tales leyendas. Hay alternativas plausibles en su explicación. Podemos entender por qué los sacerdotes pudieron fabricar mitos sobre seres superiores que habitan los cielos y orientan a los seres humanos sobre cómo ordenar sus asuntos. Entre otras «ventajas», tales leyendas permiten a los sacerdotes controlar a la gente.

Solo hay una clase de leyenda que podría ser convincente: cuando la información que contiene la leyenda no pudo ser generada por la civilización que creó la leyenda; si, por ejemplo, un número transmitido desde hace miles de años como sagrado resulta ser el constante de la estructura nuclear. Este sería un caso que merecería toda consideración.

Otro caso convincente sería, por ejemplo, cierta clase de artefacto. Si se hallara un artefacto perteneciente a una antigua civilización cuya tecnología estuviese más allá de los conocimientos que privan en la actualidad en tal campo, entonces tendríamos un interesante caso *prima facie* de visita extraterrestre. Otro ejemplo sería la existencia de un manuscrito, encontrado en un monasterio irlandés que contuviese el diagrama del circuito electrónico para un receptor de radio superheterodino. Habría que tener sumo cuidado sobre la procedencia de este artefacto, al igual que los coleccionistas muestran sumo cuidado con un recién descubierto cuadro de Rafael. Tendríamos que asegurarnos de que ningún pícaro irlandés contemporáneo fuese la fuente del diagrama del circuito.

Que yo sepa, no hay tales leyendas ni tales artefactos. Por ejemplo, todos los artefactos antiguos mencionados por Erik von Däniken en su libro *¿Carrozas de los dioses?* tienen explicaciones alternativas y meritorias. La representación de seres con cabezas grandes y alargadas, que se parecen a cascos espaciales, podrían muy bien ser versiones artísticas de unas máscaras ceremoniales que cubren la cabeza normal o expresiones de una excesiva hidrocefalia. De hecho, la esperanza o, más bien, suposición de que los astronautas extraterrestres se parezcan a los astronautas soviéticos o americanos, desde los trajes especiales hasta los ojos, es, probablemente, tan absurda como la idea misma de la visita a la Tierra. Del mismo modo, la idea

expresada por Von Däniken y otros de que los antiguos astronautas construyeron campos de aviación, emplearon cohetes e hicieron estallar bombas nucleares en la Tierra es absurda en extremo, porque precisamente somos nosotros quienes hemos desarrollado esta tecnología. Un visitante del espacio no se hallaría tan cerca de nosotros en tales terrenos. Es como si en 1870 hubiésemos expresado la misma idea, pero diciendo que los extraterrestres emplean globos de aire caliente para su exploración del espacio. Lejos de ser demasiado audaces, lo que expresan tales ideas es una total falta de imaginación.

Por otra parte, los relatos populares que hablan de supuestos contactos con extraterrestres son en extremo chauvinistas.

Un autor americano llamado Richard Shaver alega que las rocas ordinarias, cortadas en finas rebanadas, contienen un conjunto de fotografías dejadas por una antigua civilización, fotografías que se pueden montar para proyectarlas como una película. Y añade: elegir cualquier roca y cortarla en rebanadas.

En el altiplano de Nazca, Perú, hay una serie de gigantescas figuras geométricas. Estando entre ellas son difíciles de ver, pero aparecen muy claras cuando se las observa desde el aire. Es fácil comprobar cómo una antigua civilización humana pudo hacer tales figuras. Pero ¿por qué? —nos preguntamos—, ¿por qué una civilización extraterrestre había de llevar a cabo semejantes construcciones o figuras? Si las gentes en aquella época creían en la existencia de dioses en el cielo, no tiene nada de particular imaginarles haciendo estas marcas gigantescas para comunicarse así con dichos dioses. Las marcas y figuras pueden ser una especie de oración gráfica. Pero no demuestran, necesariamente, la realidad del supuesto recipiendario de la oración.

Hay otros casos que parecen ser convincentes en un principio, como, por ejemplo, la existencia de un cubo de acero perfectamente fresado, que se dice está en el museo de Salzburgo y que fue hallado en estratos geológicos que tenían millones de años de antigüedad. O la recepción de señales de llamada por televisión emitidas desde el espacio durante tres años.

Estos casos son seguramente burdas mentiras.

Asimismo, hay circunstancias arqueológicas igualmente provocativas que los escritores de tales libros sensacionalistas han pasado por alto. Por ejemplo, en el friso de la gran pirámide azteca de San Juan Teotihuacán, fuera de la ciudad de México, hay una figura que se repite y que se describe como el dios de la lluvia, pero que se parece enormemente a un vehículo anfibio con cuatro

faros. Ni por un momento creo que tales vehículos anfibios fuesen indígenas en el tiempo de los aztecas, entre otras razones, porque semejantes artefactos están muy cerca de lo que nosotros hemos creado hoy.

Estos artefactos son, en realidad, pruebas psicológicas proyectivas.

La gente puede ver en ellos lo que desee. No hay nada que impida a alguien ver a su alrededor señales o muestras de antiguas visitas de seres extraterrestres. Para una persona con mentalidad medianamente escéptica tales pruebas le resultarán siempre muy poco convincentes. Como el significado e importancia de tal descubrimiento serían enormes, debemos emplear un gran razonamiento crítico y adoptar posturas muy escépticas al tratar el tema. Los datos de que disponemos al respecto son incapaces de pasar por el fino tamiz de un detallado examen; en consecuencia, hemos de seguir mostrándonos algo más que escépticos, si es que nos sentimos realmente interesados por la llamada inteligencia extraterrestre.

CAPÍTULO 26

ESTRATEGIA EN LA BÚSQUEDA DE LA INTELIGENCIA EXTRATERRESTRE

SUPONGAMOS QUE CONCERTAMOS una reunión en cualquier lugar de la ciudad de Nueva York con un extraño que no conocemos y sobre el que nada sabemos, cita más bien absurda, pero que será útil a nuestros propósitos. Le estamos buscando y él nos está buscando a nosotros. ¿Cuál es nuestra estrategia de búsqueda? Probablemente, no permaneceremos durante una semana en la esquina de la Calle 78 y Madison Avenue. En lugar de hacer esto, recordaríamos que en la ciudad de Nueva York hay un cierto número de lugares famosos, tan bien conocidos para tal individuo como para nosotros. Entonces comenzaríamos a estudiar estos lugares; Estatua de la Libertad, Empire State Building, Grand Central Station, Radio City Music Hall, Lincoln Center, edificio de las Naciones Unidas, Times Square y, posiblemente, City Hall. Incluso podríamos examinar algunas otras posibilidades menores, como el Yankee Stadium, la entrada de Manhattan al *Staten Island Ferry*. Pero no hay un número infinito de posibilidades. No hay millones de posibilidades, porque solo hay una docena, y con tiempo podremos estudiarlas todas.

La situación es la misma en cuanto se refiere a la estrategia de búsqueda mediante una comunicación de radio interestelar. En ausencia de un anterior o primer contacto, ¿cómo sabemos por dónde empezar? ¿Cómo sabemos qué frecuencia o «estación» buscar? Hay por lo menos millones de posibles bandas de frecuencia de radio. Pero una civilización interesada en comunicar con nosotros comparte también con nosotros conocimientos comunes sobre radioastronomía y sobre nuestra Galaxia. Por ejemplo, saben que el átomo más abundante en el Universo, el hidrógeno, emite característicamente en una frecuencia de 1,420 megahertzios. Saben que lo sabemos. Saben que sabemos que lo saben. Y así sucesivamente. Hay otras moléculas interestelares abundantes, como el agua o el amoníaco, que tienen sus propias frecuencias de emisión y absorción. Algunas de estas se hallan en una región del espectro de radio galáctico, donde hay menos ruidos de fondo que en otras. Esta

también es una información que pudiéramos calificar de compartida. Los estudiosos de este problema han confeccionado una lista de una docena de posibles frecuencias que parece deben examinarse. Incluso se concibe que la vida basada en el agua comunique en frecuencia de agua, la vida basada en el amoníaco en frecuencias de amoníaco, y así sucesivamente.

Al parecer, existen posibilidades de que las civilizaciones extraterrestres avanzadas estén enviando señales de radio hacia nosotros, y que nosotros poseemos la tecnología adecuada para recibir tales señales. ¿Cómo habría de organizarse la búsqueda de estas señales? Los actuales radiotelescopios, incluso los más pequeños, deberían ser perfectos para llevar a cabo una búsqueda preliminar. En efecto, las investigaciones que en este campo se llevan a cabo en el Instituto de Radiofísica Gorki, de la Unión Soviética, requieren el empleo de telescopios e instrumental que son auténticamente modestos si los juzgamos con arreglo a las normas o reglas más modernas.

El muy capaz y competente presidente de la Academia de Ciencias Soviéticas, M. V. Keldish, una vez dijo, guiñándome el ojo que «cuando se descubra la inteligencia extraterrestre llegará a ser un importante problema científico». Uno de los primeros físicos americanos discutió conmigo que el mejor método para buscar inteligencia extraterrestre es «hacer» astronomía ordinaria; si se ha de realizar el descubrimiento, se hará sin ninguna complicación y cuando menos se espere. Pero me parece que podemos hacer algo para ayudar al éxito de tal búsqueda, y que el hecho de colaborar con la radioastronomía no es lo mismo que buscar explícitamente ciertas estrellas, frecuencias, ondas y constantes de tiempo, todo ello orientado al encuentro o descubrimiento de esta tan cacareada inteligencia extraterrestre.

Pero, para ello, es necesario investigar enormes cantidades de estrellas y muchas posibles frecuencias. Sin duda alguna, sería muy largo un programa basado en una búsqueda razonable. Y, por otra parte, nadie duda de que esta última, realizada durante todo el tiempo con un gran telescopio, duraría décadas, por lo menos. Los observadores de radio, en tal empresa, por muy entusiastas que se mostraran en la búsqueda de inteligencia extraterrestre, terminarían por aburrirse tras muchos años de inútil labor. Un radioastrónomo, al igual que otros científicos, está interesado en trabajar sobre problemas que muestren posibilidades de inmediatos resultados.

La estrategia ideal implicaría un gran telescopio que dedicara la mitad del tiempo al descubrimiento de inteligencia extraterrestre, y la otra mitad, al estudio de objetivos radioastronómicos más convencionales, como los planetas, pulsars, moléculas interestelares, etc. La dificultad en usar varios de

los actuales observadores de radio, digamos que cada uno de ellos el 1 % de su tiempo, está en que dichas actividades tendrían que llevarse a cabo durante muchos siglos para alcanzar una razonable probabilidad de éxito.

Así pues, habría que examinar una amplia variedad de objetos: estrellas tipo G, como la nuestra; estrellas tipo M, que son más antiguas, y objetos extraños o exóticos, que pueden ser agujeros negros o posibles manifestaciones de actividades de reformas astrales. El número de estrellas y otros objetos de nuestra propia Vía Láctea es de unos doscientos mil millones, y el número que debemos examinar para conseguir cierta probabilidad de descubrir tales señales parece ser, al menos, de millones.

Hay una estrategia alternativa para buscar penosamente cada millón de estrellas y descubrir señales de una civilización no mucho más avanzada que la nuestra. Podríamos examinar toda una galaxia muy pronto, buscando también señales de una civilización mucho más avanzada que la nuestra (véanse capítulos XXXI y XXXII). Un pequeño radiotelescopio puede orientarse hacia la más cercana galaxia espiral, hacia la que esté más cerca de la nuestra, la gran galaxia M31 en la constelación de Andrómeda, y simultáneamente, observar doscientos mil millones de estrellas. Aun cuando muchas de estas estrellas estuvieran radiando con una tecnología ligeramente superior a la nuestra, no captaríamos sus señales. Pero si solamente unas pocas radian con la potencia de una civilización muy avanzada, podríamos detectarlas fácilmente. Además de examinar las estrellas cercanas que nos aventajan muy ligeramente en tecnología, parece que tiene sentido, por lo tanto, examinar al mismo tiempo muchas estrellas de las galaxias vecinas, ya que tan solo unas pocas de ellas pueden estar habitadas por civilizaciones muchísimo más avanzadas que la nuestra.

Hasta ahora hemos estado describiendo la búsqueda de señales radiadas en nuestra dirección general por civilizaciones interesadas en comunicarse con nosotros. Pero los terrestres no estamos radiando señales con dirección a alguna estrella o estrellas específicas. Si todas las civilizaciones escuchan y no transmiten, podríamos llegar a la errónea conclusión de que la Galaxia está deshabitada, excepto nuestra propia existencia. Así pues, se ha propuesto —como alternativa y empresa mucho más costosa— que nosotros también «fisgoneemos»; es decir que trabajemos sobre señales que una civilización usa para sus propios propósitos, como, por ejemplo, transmisiones de radio y televisión domésticas, sistemas de radar y demás. La construcción de un gran radiotelescopio, que dedicara la mitad del tiempo a una rigurosa búsqueda de señales enviadas hacia la Tierra por una civilización extraterrestre, costaría

tantos millones de dólares (o rublos) como su funcionamiento. Una amplia gama o variación de radiotelescopios diseñados para «husmear» a una distancia de algunos centenares de años-luz costaría muchos miles de millones de dólares.

Por añadidura, la probabilidad de éxito en lo que llamamos aquí «husmear» puede ser ligera. Hace cien años no lanzábamos señales de radio o televisión al espacio. Dentro de cien años, el perfeccionamiento de las transmisiones de radio vía satélite y televisión por cable, así como la aparición de nuevas tecnologías, pueden significar que, una vez más, no saldrán al espacio señales de radio o televisión. Puede ser que tales señales sean detectables solo durante unos cuantos centenares de años en la historia de un planeta, historia que se contará en miles de millones de años. Por tanto, la empresa de «husmear» o «fisgonear», además de resultar costosa, también puede tener muy pocas probabilidades de éxito.

Es un tanto curiosa la situación en que nos encontramos. Al menos, hay una buena probabilidad de que haya muchas civilizaciones, lanzando señales hacia nosotros. Poseemos la tecnología para descubrir tales señales a distancias inmensas, al otro lado de la Galaxia. Excepto algunos pequeños esfuerzos realizados por los Estados Unidos y la Unión Soviética, nosotros —es decir, la Humanidad— no estamos llevando a cabo la búsqueda de una inteligencia extra-terrestre. Tal empresa es suficientemente emocionante, y al menos, lo bastante respetable para que pudiese haber pocas dificultades en dedicar personal a un radioobservatorio diseñado para este propósito, personal entre el cual figurasen científicos capaces e innovadores, científicos con ideas. El único obstáculo parece ser el dinero.

Aunque el hecho no sea una bagatela, lo cierto es que algunas decenas de millones de dólares (o rublos) representan, sin embargo, una cantidad de dinero que realmente está al alcance de individuos ricos y fundaciones. De hecho, hay en la astronomía una larga y orgullosa historia de observatorios fundados por individuos particulares y por algunas fundaciones. El Lick Observatory, en Mount Hamilton, California, fue fundado por el señor Lick (que deseaba construir una pirámide, pero se conformó con un observatorio, en cuya base está enterrado); el Yerkes Observatory, en Williams Bay, Wisconsin, fundado por el señor Yerkes; el Lowell Observatory de Flagstaff, Arizona, fundado por el señor Lowell, y el Mount Wilson y Mount Palomar Observatories, en California del Sur, fundación establecida por el señor Carnegie. Es posible que pronto llegue el dinero del Gobierno. Un dinero que pueda costear tal empresa. Después de todo, cuesta aproximadamente lo que

los aviones americanos que remplazaron a los derribados en el Vietnam y en la semana de la Navidad de 1972. Pero un radiotelescopio diseñado para la comunicación con la inteligencia extraterrestre y, junto a él, un buen centro de exobiología, sin duda alguna sería un monumento conmemorativo para alguien.

CAPÍTULO 27

SI TENEMOS ÉXITO…

HAY GENTE QUE SE PREOCUPA al reflexionar sobre el problema de una comunicación interestelar. ¿Qué sucederá si entramos en contacto con una civilización mucho más avanzada que la nuestra?

En la Tierra, la historia de los contactos entre civilizaciones tecnológicas avanzadas y atrasadas es más bien triste. Las sociedades menos avanzadas técnicamente —aunque puedan disfrutar de matemáticas superiores, astronomía, poesía, o preceptos morales— desaparecen. Si esta es aquí una ley natural de selección, ¿por qué no ha de serlo en cualquier otra parte? Y en ese caso, ¿no debemos mantenernos quietos?

Están los que predicen una terrible catástrofe si radiamos nuestra presencia a otra estrella. Los extra-terrestres vendrán y nos comerán o sucederá algo igualmente desagradable. (Realmente, si somos especialmente sabrosos, solo necesitan una muestra de uno de nosotros, determinar qué secuencia de aminoácidos nos hacen apetitosos y luego reconstruir las apropiadas proteínas en su propio planeta. Sin embargo, el elevado coste del transporte nos convierte en algo poco sabroso). El mensaje a bordo del *Pioneer 10* fue criticado por unos cuantos porque «denunciaba» nuestra posición en la Galaxia. Dudo mucho que tengamos la suficiente categoría como para constituir una amenaza por ahí fuera. Somos la civilización más retirada y la que menos probabilidades tiene de entrar en comunicación, y los enormes espacios entre las estrellas son una especie de cuarentena natural que nos impiden, en un futuro próximo, mezclarnos por ahí arriba o abajo con otros seres.

Pero, en cualquier caso, ya es demasiado tarde. Ya hemos anunciado nuestra presencia. Las iniciales emisiones de radio, comenzando con Marconi y alcanzando notable intensidad en los años 20, han atravesado la ionosfera y se extienden a la velocidad de la luz en un frente ondulado esférico centrado alrededor de la Tierra. Y en ese frente una avanzada civilización técnica puede recoger las transmisiones de Enrico Caruso, el juicio Scopes, las elecciones de 1928, las grandes orquestas de *jazz*. Estos son los precursores de las culturas de la Tierra, nuestros primeros emisarios a las estrellas.

Si hay civilizaciones técnicas a una distancia de cincuenta años-luz, ahora mismo estarán descubriendo estas extrañas y primitivas señales. Aun cuando estén preparadas para responder instantáneamente con la nave espacial más rápida, pasarán por lo menos otros cincuenta años antes de que sepamos algo de ellos. El *Pioneer 10* tardará un millón de años en recorrer la misma distancia.

Es demasiado tarde para mostrarnos tímidos o con dudas. Hemos anunciado nuestra presencia al Cosmos, de una manera tardía, a tientas, poco representativa… ¡pero aquí estamos!

Las enormes distancias entre las estrellas implican que no habrá diálogos cósmicos mediante transmisiones de radio. Supongamos que recibimos una señal de una civilización situada a una distancia posible para el contacto, digamos, por ejemplo, a unos trescientos años-luz. El mensaje quizá diría: «¡Hola, amigos! ¿Cómo estáis?». Estando ya preparados para este momento inmediatamente, replicaremos diciendo: «Muy bien, ¿y vosotros?». Esta mutua comunicación costaría un tiempo aproximado de seiscientos años. En consecuencia, no sería una conversación muy animada.

Hace seiscientos años la peste asoló a Europa, la dinastía Ming acababa de descubrirse, Carlos *el Prudente* se sentaba en el trono francés, Gregorio XI era Papa, y los aztecas estaban ahorcando a los que contaminaban el aire y el agua. Seiscientos años representa un largo período en la Tierra. La comunicación interestelar por radio no será un diálogo, sino un monólogo. Los tipos ignorantes escuchan a los listos, como si el astrólogo de Carlos *el Prudente* recibiera un mensaje nuestro.

Aunque el período de tiempo para que una señal de radio recorra una distancia de trescientos años-luz siga siendo de trescientos años, la cantidad de información que puede transmitir es enorme. De hecho y con instrumentos no mucho más avanzados que los nuestros, en unos cuantos días se podría transmitir todo lo más importante relacionado con nuestra civilización. Tardaría trescientos años en llegar allí, pero la transmisión más rápida siempre será en la otra dirección, desde los listos (ellos) a los ignorantes (nosotros). Es posible que surquen el espacio varias transmisiones a la vez dirigidas a la Tierra y así habrá que aprender el lenguaje de tales transmisiones. Pero lo que sí está claro es que no las oiremos si no escuchamos.

Pero ¿cómo podríamos descifrar tal mensaje? Los eruditos europeos invirtieron más de un siglo en llevar a cabo equivocados intentos de descifrar los jeroglíficos egipcios antes de descubrir la Piedra Roseta y el brillante

ataque sobre su traducción llevada a cabo por Young y Champollion. Algunas lenguas antiguas, como los glifos de la isla de Pascua, escritos de los mayas y algunas variedades de escritura cretense, hoy día aún siguen siendo totalmente no intraducibles, sino más bien indescifrables. Sin embargo, eran lenguas de seres humanos como nosotros mismos, con instintos biológicos comunes, y lejos de nosotros en el tiempo solo en unos centenares o miles de años. ¿Cómo podemos esperar que una civilización muchísimo más avanzada que la nuestra y basada enteramente en diferentes principios biológicos, pueda enviar mensajes que nosotros entendamos?

Las diferencias en los dos casos son la intención y la inteligencia. El objetivo de los glifos de la isla de Pascua no era comunicar con los científicos del siglo XX. Era comunicarse con otros habitantes de la isla de Pascua o posiblemente con los dioses. La idea de un código o clave, al menos en el terreno de la inteligencia militar, es siempre confeccionar un mensaje difícil de descifrar. Pero lo que aquí estamos tratando es lo opuesto. No hablamos de criptografía, sino más bien de una anticriptografía, diseño de un mensaje realizado por una civilización muy inteligente, y diseño tan sencillo que incluso civilizaciones más primitivas que la nuestra puedan leer.

El mensaje se basará en detalles comunes entre civilizaciones transmisoras y receptoras. Estos detalles comunes, por supuesto, no será ningún lenguaje hablado o escrito ni tampoco se basará en nuestros materiales genéticos, sino que más bien han de versar sobre aquello que compartimos en común: el Universo que nos rodea, ciencia y matemáticas. Hay esquemas mediante los cuales se transmiten propuestas matemáticas, propuestas que llevan consigo conceptos tales como la suma y la igualdad y negación, y desembocando después en conceptos más sofisticados. Hay esquemas sobre el envío de mensajes por radio en los que el número de elementos son claramente algo así como fotografías y que cuando se reconstruyen como tales se llegan a entender muy bien. La placa del *Pioneer 10* es un ejemplo de la clase de fotografía o dibujo que, transmitido como un objeto en una sonda espacial o como foto o cuadro por transmisión de radio, sería entendido muy bien por una civilización extraterrestre muy avanzada. De la misma manera, unos mensajes parecidos que lleguen hasta nosotros, los entenderemos perfectamente, si tenemos la curiosidad de escuchar.

Hay algunos científicos que consideran la ausencia de diálogo como algo realmente molesto, como si los diálogos significativos fueran cosa común en este planeta. Philip Morrison, del Massachusetts Institute de Tecnología, ha señalado que tales monólogos culturales son muy comunes en la historia de la

Humanidad; que, por ejemplo, todo el patrimonio cultural de la Grecia clásica, que ha influido tan profundamente sobre nuestra civilización, ha viajado solo en una dirección con el tiempo. No hemos enviado nuestra sabiduría a los griegos. Los griegos nos han enviado su sabiduría a nosotros, sobre papel y pergamino, y no por ondas de radio, pero el principio es el mismo.

Los conocimientos éticos, científicos, lógicos y culturales que se conseguirán mediante las transmisiones galácticas, pueden ser, a la larga, el acontecimiento más importante y profundo en la historia de nuestra civilización. Se obtendrá información en unos campos que no se podrán calificar de humanidades, porque nuestros comunicantes no serán humanos. Posiblemente, habrá una desviación, por así decirlo, de la forma en que nosotros vemos el Cosmos y a nosotros mismos. Habrá una nueva perspectiva en las diferencias que percibimos entre nosotros, una vez que captemos las enormes diferencias que existirán entre nosotros y los seres de otras partes, seres con los cuales, sin embargo, tenemos intereses intelectuales comunes.

Pero, al mismo tiempo, no es probable que haya un cambio discontinuo. La información puede llegar cualquier día mediante nuestros radiotelescopios en rapidísima transferencia. El hecho de descifrar el mensaje, la comprensión de su contenido y la aplicación extremadamente cuidadosa de lo que se nos ha enseñado pueden costar décadas e incluso siglos.

Es muy probable que el impacto cultural del contenido del mensaje sea pequeño. Sin embargo, el principal impacto lo constituirá la recepción del mensaje del mismo. El alunizaje de hombres en la Luna se considera hoy día, al menos en los Estados Unidos, cosa tan normal y corriente, que sospecho que puedo decir que la recepción de un mensaje de una civilización extraterrestre, mensaje que cueste mucho tiempo descifrar y entender, no será tampoco cosa muy sorprendente para el hombre de la calle.

Y hasta es posible que deseemos responder.

¿Por qué una sociedad avanzada desea realizar esfuerzos por comunicar tal información a otra sociedad atrasada y nueva como la nuestra? Puedo imaginar que les impulsa la benevolencia; que durante sus fases de aparición se ayudaron a sí mismos con tales mensajes y que esta es una tradición digna de continuación. Hay algunos relatos de ciencia-ficción, en los cuales los contenidos de los mensajes son malévolos, en los que recibimos instrucciones para construir una máquina, que luego fabricamos obedientemente y que, más tarde, también de manera sumisa toma posesión de la Tierra. Pero nadie construirá a ciegas tal máquina. Nadie obedecerá las instrucciones contenidas

en un mensaje extraterrestre hasta que se comprendan bien las bases científicas de tales instrucciones. Esta es una de las razones por las cuales el impacto cultural de un mensaje ha de ser pequeño. No creo que haya ningún peligro de importancia en la recepción de tal mensaje, siempre y cuando se tomen las más elementales precauciones con respecto a su contenido.

Se ha sugerido que el contenido del mensaje recibido, del mensaje inicial, se entiende, contendrá instrucciones para evitar nuestra propia autodestrucción, posible destino común de todas las sociedades que han alcanzado la fase técnica. Ciertamente, hay en nuestro planeta suficientes armas nucleares como para liquidar no una, sino varias veces a todos los hombres, mujeres y niños. Se dice que las civilizaciones extraterrestres avanzadas, motivadas bien por altruismo, o bien por un interés egoísta en mantener un estimulante grupo de comunicantes, proporcionan información para que algunas sociedades se estabilicen. No sé si esto es posible; las diferencias históricas entre organismos y sociedades con miles de millones de años de evolución independiente serian enormes. Pero es una posibilidad que vale la pena no ignorar, esta hipótesis de que la existencia de comunicaciones interestelares aumente el número de civilizaciones y que pueda ser la base de nuestra propia supervivencia.

Hay otra forma en la que este mismo proceso puede funcionar bien, aunque no haya instrucciones específicas sobre cómo evitar destruirnos a nosotros mismos. Está el factor de la escala del tiempo. Los Gobiernos de la Tierra rara vez hacen proyectos que vayan más allá de un período de cinco años. Los individuos normalmente hacen proyectos para espacios de tiempo mucho más pequeños. Incluso una inútil búsqueda de inteligencia extraterrestre, que puede alargarse durante décadas o siglos, es un ejemplo útil de planificación a largo plazo. Pero habría que pensar en las consecuencias de recibir un mensaje que se transmitió hace trescientos años y que se discutirá durante otros seiscientos. Esperar la respuesta a la nuestra requiere, así, una continuidad de propósitos muy poco corriente en las instituciones humanas. Gran parte de las catástrofes ecológicas actuales se deben al ansia de ganancias a plazo corto y a una asombrosa ceguera hacia los desastres a largo plazo. La escala del tiempo de civilizaciones interestelares y la comunicación con ellas proporcionan un sentido de continuidad histórica, vital para la continuación de nuestra propia civilización.

CAPÍTULO 28

CABLES, TAMBORES Y CARACOLAS

EN CASI TODAS LAS DESCRIPCIONES científicas de contactos entre la Tierra y una civilización extraterrestre, a esta última se la menciona como avanzada.

¿Por qué avanzada? ¿Por qué no hay allí alguna civilización primitiva, individuos atrasados, andando a tientas sobre escombros interestelares y remendando continuamente todas las cosas? ¿Por qué estamos tan obsesionados con unas supuestas civilizaciones avanzadas?

La respuesta es muy sencilla: las primitivas no nos hablan. (Las verdaderamente inteligentes tampoco lo hacen, pero dentro de poco ya tocaremos este punto).

Pensemos en un contacto empleando la radioastronomía. La radioastronomía en la Tierra es un subproducto de la Segunda Guerra Mundial, cuando hubo fuertes presiones militares para el perfeccionamiento del radar. Una seria radioastronomía surgió solamente en los años cincuenta y los grandes radiotelescopios, en los años sesenta. Si definimos a una civilización avanzada como aquella capaz de efectuar comunicaciones a larga distancia empleando radiotelescopios, habrá que decir que en nuestro planeta la civilización avanzada solo tiene unos diez años. Por tanto, cualquier civilización diez años menos avanzada que la nuestra no podrá hablarnos en absoluto.

Incluso los cálculos más optimistas sobre el índice de avance técnico de una civilización que pueda surgir en la Galaxia anuncian que es inferior a una cada diez años (véase capítulo XXV). Si esto es correcto, significa que de todas las civilizaciones de la Galaxia que pueden comunicar por radio no hay ninguna tan atrasada como la nuestra. Pueden existir millones de civilizaciones menos avanzadas que nosotros, pero no tenemos forma alguna de ponernos en contacto con ellas: carecen de la tecnología necesaria para recibir o transmitir. Las objeciones que se hacen al hecho de que el mensaje del *Pioneer 10* puede ser demasiado difícil de descifrar para los que lo reciban, parecen ignorar el hecho de que para que esto sea así los recipiendarios han de ser capaces ante todo de interceptar y captar este pequeño artilugio en el espacio interestelar, cosa que hasta ahora para

nosotros representa tarea que va mucho más allá de nuestra capacidad. Si están lo suficientemente avanzadas como para poder capturar al *Pioneer 10*, en la oscuridad, entre las estrellas, creo que podrán ser lo suficientemente inteligentes como para captar también su mensaje, que puede ser leído sin ninguna dificultad por muchos físicos, tan atrasados como los de la Tierra.

Pero ¿qué hay sobre las civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra? El progreso técnico que hemos alcanzado en los últimos siglos es realmente sorprendente. No solo se han desarrollado o perfeccionado nuevas técnicas, sino que se han establecido nuevas leyes físicas y nuevos métodos de examinar el Universo. Este desarrollo intelectual y tecnológico es continuo. Si sobrevive la civilización de la Tierra, el avance de la ciencia y de la tecnología también continuará.

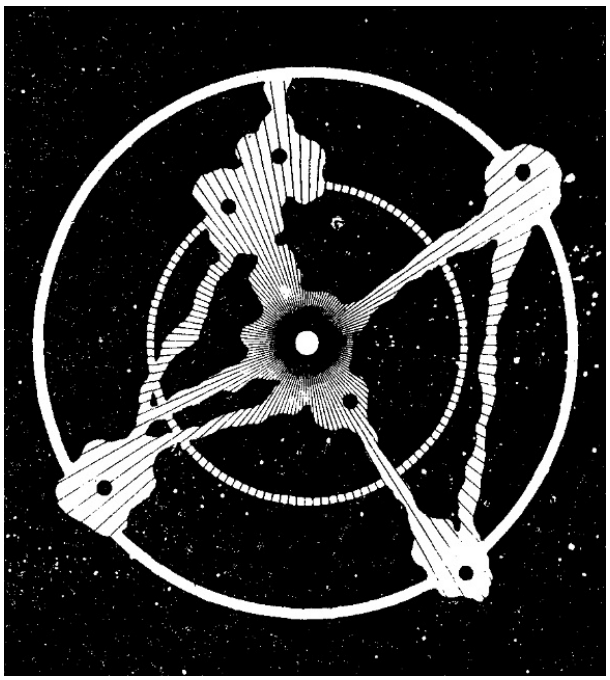
Las civilizaciones que nos superan en ciencia y tecnología en miles de millones de años es casi seguro que no podamos comprenderlas porque ni siquiera se podrán distinguir de lo que hoy nos parece magia. No es que lo que puedan hacer viole las leyes de la física, pero sí que no entenderemos cómo pueden usar las leyes de la física para hacer lo que hacen.

Es posible también que estemos tan atrasados y seamos tan poco interesantes para tales civilizaciones, que no valgamos la pena de ningún contacto, o, al menos, de mucho contacto. Puede haber unos pocos especialistas en sociedades primitivas interplanetarias que reciban el grado de licenciados o doctores en el estudio de la Tierra o en escuchar nuestro tráfico áspero y hasta irritante de radio y televisión. Puede haber aficionados —*boy-scouts*, radioaficionados, etcétera— que se sientan interesados por lo que ocurre en la Tierra. Pero una civilización de un millón de años más avanzada que la nuestra, no sé, me parece que no se sentirá en absoluto interesada por nosotros.

Las comunicaciones entre dos civilizaciones muy avanzadas probablemente emplearán una ciencia y una tecnología inaccesibles para nosotros. Por tanto, carecemos de perspectiva alguna en lo que se refiere a captar tal tráfico de comunicación, bien accidentalmente o a propósito.

Somos como los habitantes de un valle aislado de Nueva Guinea que se comunican con otras sociedades de cercanos valles (y podría añadir que sociedades diferentes) mediante corredores o tambores. Cuando se les pregunta cómo una sociedad avanzada ha de comunicarse, quizás imaginen que ha de ser mediante un corredor extremadamente veloz o por medio de un tambor realmente gigantesco. Es casi seguro que no imaginen la existencia de una tecnología superior a la suya. Y, sin embargo, hay una enorme cantidad

de tráfico de radio, de cable internacional, que pasó sobre ellos, a su alrededor, y a través de ellos también.



La unificación del Cosmos: hipotético sistema de tránsito rápido en los agujeros negros. Por Jon Lomberg.

En este mismo momento estarán cruzando el espacio mensajes de otra civilización, mensajes impulsados por dispositivos superavanzados e inimaginables para nosotros, incapaces de detectarlos, pero ahí están, si tan siquiera supiésemos cómo. Quizás el mensaje llegará vía ondas de radio para que sean detectadas por grandes radiotelescopios. O, quizá, por dispositivos más misteriosos, como la modulación de estrellas de rayos X, ondas de gravitación, neutrinos o canales de transmisión que nadie en la Tierra soñará aún durante siglos. O, probablemente, los mensajes ya están aquí, presentes en las experiencias de cada día, pero mensajes que resultan imposibles de captar porque no realizamos el correcto esfuerzo mental para ello. El poder y fuerza de tal civilización avanzada es muy grande. Es probable que sus mensajes estén ahí, aquí, en muchos sitios, situados en circunstancias por completo familiares.

Pensemos, por un momento, en las caracolas. Todo el mundo conoce el «sonido del mar» que escucha cuando arrimamos al oído una de estas caracolas marinas. Nos dicen que lo que oímos es el sonido muy ampliado de nuestra propia sangre. Pero ¿es esto realmente cierto? ¿Se ha estudiado esto? ¿Acaso hubo alguien que se preocupara de estudiar o intentara descifrar el mensaje que suena en el interior de una caracola? No menciono este ejemplo

como literalmente cierto, sino más bien como una alegoría. En algún lugar de la Tierra puede existir el equivalente al canal de comunicaciones de la caracola. El mensaje de las estrellas bien puede estar aquí ya. Pero ¿dónde?

Escucharemos a la espera de oír tambores interestelares y pasaremos por alto los cables interestelares. Probablemente recibiremos nuestros primeros mensajes mediante los tambores de los valles galácticos vecinos, de civilizaciones cercanas a nuestro futuro. Las civilizaciones mucho más avanzadas que nosotros permanecerán durante mucho tiempo inaccesibles en la distancia. En un futuro de gran tráfico de radio interestelar, las civilizaciones muy avanzadas pueden ser todavía leyendas aburridas para nosotros.

CAPÍTULO 29

TREN NOCTURNO A LAS ESTRELLAS

DURANTE TRES GENERACIONES DE seres humanos hubo —omnipresente, pero casi inadvertido, parte de sus vidas— un sonido de llamada, un grito que atravesaba la noche, llevando consigo la noticia de que había una forma, no muy difícil, de abandonar Twin Forks, North Dakota, o Apalachicola, Florida, o Brooklyn, Nueva York. Era el quejumbroso ruido del tren nocturno, tan misterioso y evocador como el grito del somorgujo. Era un constante recordatorio de que había vehículos, dispositivos que, si se abordaban, podían sacarle a uno a alta velocidad de su pequeño mundo para llevarle a un mucho mayor universo de bosques y desiertos, costas y ciudades.

Especialmente en los Estados Unidos, pero quizás en gran parte del mundo, pocas personas viajan hoy día en tren. Hay generaciones enteras que crecen sin haber oído la llamada de esta sirena. Este es el momento de homogeneizar el mundo, cuando se está erosionando la diversidad de sociedades, cuando está surgiendo una civilización global. Ya no quedan lugares exóticos en la Tierra con los cuales poder soñar.

Y por esta razón impera cada día más la urgente necesidad de disponer de un vehículo, de un dispositivo, que nos lleve a alguna parte. No a todos nosotros; solamente unos pocos, a los desiertos de la Luna, a las antiguas costas de Marte, a los bosques del cielo. Hay algo de consolador en la idea de que un día unos cuantos representantes de nuestro pequeño pueblo terrestre puedan aventurarse a ir a las grandes ciudades galácticas.

Todavía no hay trenes interestelares ni máquinas que nos lleven a las estrellas. Pero un día pueden estar aquí. Las habremos construido o las habremos atraído.

Y entonces, una vez más sonará el silbato del tren nocturno. No el antiguo sonido del silbato de la locomotora, ya que el sonido no se oye en el espacio interplanetario o en el fantástico vacío entre las estrellas. Pero habrá algo, quizás el *flash* o relámpago luminoso del *magnetobrehmstrahlung*, cuando el vehículo estelar se aproxime a la velocidad de la luz.

Habrá una señal.

Mirando desde las ciudades enormes como continentes y desde las también enormes reservas de caza, en una noche clara, lugares que pueden ser nuestro futuro en este planeta, los jóvenes soñarán que cuando sean mayores, si tienen suerte, tomarán el tren nocturno que les lleve a las estrellas.

CAPÍTULO 30

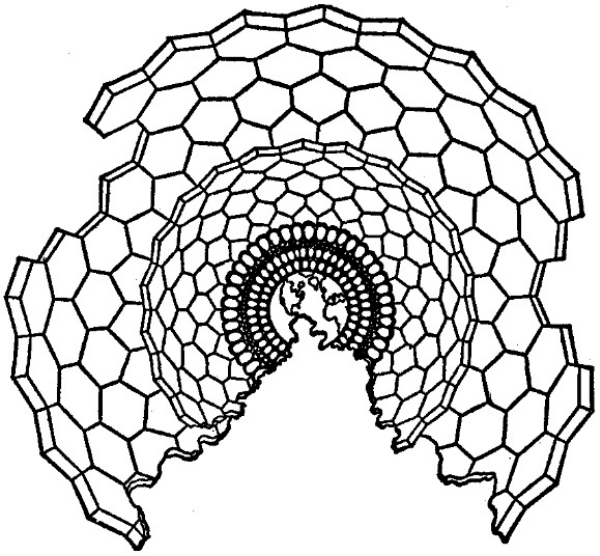
ASTROINGENIERÍA

AHORA, en un relato del que se han hecho muchas citas y posiblemente apócrifo, repetiremos aquí que el físico nuclear Enrico Fermi preguntó, durante un almuerzo celebrado en Los Álamos en los años cuarenta: «¿Dónde están ellos?». Si hay grandes cantidades de seres más avanzados que nosotros, murmuró al parecer, ¿por qué no hemos visto ninguna señal o huella de ellos, por ejemplo, una visita a la Tierra?

Hemos tratado este problema en los capítulos XXIV y XXV. Pero hay otra manera de plantear la pregunta de Fermi. Una civilización que nos supera tecnológicamente en cien años (teniendo en cuenta los actuales índices de progreso tecnológico), seguro que podría comunicarse por radio, y quizá mediante otras técnicas desde cualquier punto de la Galaxia y también desde otras galaxias. Una civilización que nos supere tecnológicamente en mil años es probable que sea muy capaz de viajar físicamente entre las estrellas, aunque empleando considerable tiempo y recursos.

Pero ¿y qué pensar de las civilizaciones que nos superan tecnológicamente en miles o centenares de miles de años o incluso más tiempo? Hay, después de todo, miles de millones de estrellas más viejas que el Sol. Las más antiguas de tales estrellas carecen de metales pesados y probablemente sus planetas también sufren la misma carencia. Tales estrellas, viejas estrellas, tienen medios ambientes hostiles al desarrollo de civilizaciones tecnológicas. Pero algunas estrellas, mil o dos mil millones de años más viejas que el Sol no sufren tales dificultades. Seguramente es posible que haya, al menos, unas cuantas civilizaciones que nos superen en el aspecto tecnológico en millones o en miles de millones de años.

Mediante prodigiosos recursos energéticos tales civilizaciones podrían reformar o cambiar el Cosmos. Hemos expuesto en el capítulo XIX cómo la vida en la Tierra ya ha alterado significativamente nuestro planeta y cómo podemos ya imaginar, en un futuro relativamente próximo, el realizar importantes cambios en los medios ambientes de los planetas más cercanos a nosotros.



Astroingeniería. Por Jon Lomberg.

Sin duda son posibles cambios mucho mayores en un futuro más lejano. El matemático Freeman Dyson, del Institute for Advanced Study, ofrece un esquema en el cual el planeta Júpiter se rompe trozo a trozo, transportado a la distancia de la Tierra desde el Sol y reconstruido en forma de concha esférica, un enjambre de fragmentos individuales girando alrededor del Sol. La ventaja de la propuesta de Dyson es que toda la luz solar que se desperdicia, al no caer sobre un planeta inhabitado, podría emplearse ventajosamente; y mantenerse así el exceso de población que ahora habita la Tierra. Si población tan vasta es deseable, es algo que aún no se ha resuelto. Pero lo que sí parece evidente es que con el actual índice de progreso tecnológico será posible construir la esfera de Dyson quizá dentro de algunos miles de años. En ese caso, es probable que otras civilizaciones más antiguas que la nuestra hayan construido ya tales enjambres esféricos.

Una esfera Dyson absorbe la luz visible del Sol. Pero no continúa absorbiendo indefinidamente esta luz sin llevar a cabo una reirradiación, ya que de no ser así la temperatura llegaría a ser sumamente alta. El exterior de la esfera Dyson irradia una radiación infrarroja al espacio. A causa de las grandes dimensiones de la esfera, el flujo infrarrojo de una esfera Dyson debe ser detectable desde grandes distancias, con la actual tecnología infrarroja, en distancias de centenares de miles de año-luz. Es de resaltar aquí el hecho de que en años recientes se han registrado temperaturas de menos de 472 °C de objetos infrarrojos de dimensiones parecidas a las del Sistema Solar. Por supuesto, estas no son necesariamente civilizaciones Dyson. Pueden ser enormes nubes que rodean a estrellas en proceso de formación. Pero estamos

comenzando a descubrir objetos que no son muy diferentes a los artefactos de civilizaciones avanzadas.

Hay muchos fenómenos en la astronomía contemporánea que no se entienden. Los quasars, por ejemplo, es uno de ellos. Las ondas de gravitación de alta intensidad procedentes del centro de nuestra Galaxia son otros. La lista podría alargarse de manera considerable. Mientras no entendamos estos fenómenos, no podemos excluir la posibilidad de que sean manifestaciones de inteligencia extraterrestre. Esto apenas demuestra la probabilidad de la existencia de inteligencia extraterrestre, o, al menos, no en mayor medida que nuestra incapacidad de comprender los cambios de estación en Marte (capítulo XVI), si hay notables pruebas de la existencia de vegetación en dicho planeta. Como dice el astrofísico soviético I. S. Shklovski: «Sujetándonos a los principios de la ley, debemos suponer que todos los fenómenos astronómicos son naturales hasta que se demuestre lo contrario».

Algunos científicos han preguntado, ante lo que podríamos llamar reformulación de la pregunta de Fermi, ¿por qué las civilizaciones avanzadas no se hacen más evidentes? ¿Por qué las estrellas no se han reformado en cuadros enteramente artificiales en el cielo, quizá parpadeando con sus luces anunciando en distancias intergalácticas alguna bebida refrescante cósmica? Este ejemplo particular, por supuesto, no es muy defendible: la bebida refrescante de una sociedad puede ser veneno para otra. Más seriamente, las manifestaciones de civilizaciones muy avanzadas puede que, para nosotros, civilización atrasada, pasen inadvertidas, de la misma manera que pasa inadvertida para la hormiga que trabaja junto a la piscina de una ciudad cualquiera, la superior civilización técnica que la rodea en esos momentos.

CAPÍTULO 31

VEINTE PREGUNTAS: UNA CLASIFICACIÓN DE CIVILIZACIONES CÓSMICAS

PARA TRATAR CON LA POSIBILIDAD de que haya civilizaciones extraterrestres enormemente avanzadas, el astrofísico soviético N. S. Kardashev ha propuesto una distinción en términos de la energía disponible para una civilización y para propósitos de comunicación.

Una civilización tipo I es capaz de reunir, para propósitos de comunicación, el equivalente de toda la producción energética del planeta Tierra, que ahora se usa para calefacción, electricidad, transporte y demás; una gran variedad de propósitos diferentes a la comunicación con civilizaciones extraterrestres. Por esta definición, la Tierra no pertenece todavía al tipo I de civilización.

La utilización o uso de fuerza de nuestra civilización está aumentando con suma rapidez. La actual producción de energía del planeta Tierra es algo así como 10^{15} o 10^{16} vatios; es decir de un millón de millones a diez millones de millones de vatios. La cifra exponencial indica simplemente el número de ceros que siguen al 1. Por ejemplo, 10^{15} significa quince ceros detrás del 1. El concepto de fuerza en física es el del gasto de energía por unidad de tiempo. Un vatio equivale a diez millones de ergios de energía gastada por segundo. Toda la energía empleada en la Tierra equivale a encender, por ejemplo, cien millones de millones de bombillas de cien vatios. Especialmente si esta energía brotara en la parte de radio del espectro podría detectarse desde considerables distancias.

Una civilización tipo II puede usar con propósitos de comunicación una producción de energía equivalente a la de una típica estrella, aproximadamente 10^{26} vatios. Ya vemos estrellas sumamente brillantes en frecuencias ópticas en las más cercanas galaxias. Una civilización tipo II lanzando en nuestra dirección 10^{28} vatios en algunas ondas de radio estrechas podría detectarse a enormes distancias intergalácticas. Seria muy fácil de descubrir si empleáramos los procedimientos idóneos de búsqueda, y si tal civilización se hallara en la más próxima galaxia espiral a la nuestra, M31, la

gran galaxia de la constelación Andrómeda. M31 es, sin duda alguna, la galaxia más grande. Por ejemplo, una galaxia elíptica, la M87 —también conocida como Virgo A— contiene, quizá, diez millones de millones de estrellas.

Por último, Kardashev supone una civilización tipo III que emplearía, con propósitos de comunicación, la producción de energía de toda una galaxia, aproximadamente 10^{36} vatios. Una civilización tipo III irradiándonos así se podría descubrir si estuviera en algún lugar del Universo. No hay nada previsto para una civilización tipo IV. No hay necesidad de que existan muchas civilizaciones tipo II o tipo III para que se sienta su presencia una vez se organice cuidadosamente la búsqueda de civilizaciones extraterrestres. Muy bien podría ocurrir que unas cuantas civilizaciones tipo II o tipo III se detectasen con más facilidad que un gran número de civilizaciones tipo I, si eligiesen el hacernos señales (véase capítulo XXVIII).

El vacío de energía entre una civilización tipo I y otra tipo II o entre las civilizaciones del tipo II y III, es enorme, un factor de alrededor de diez mil millones en cada paso. Parece conveniente, si se ha de considerar el asunto seriamente, discriminar en medida más fina, por así decirlo. Sugeriría un tipo 1,0 como civilización, usando 10^{16} vatios para la comunicación interestelar: tipo 1,1, 10^{17} vatios; tipo 1,2, 10^{18} vatios, y así sucesivamente. Nuestra civilización actual podría clasificarse algo así como un tipo 0,7.

Pero puede haber formas más significativas para caracterizar civilizaciones mediante la energía que puedan usar en sus comunicaciones. Factor importantísimo de una civilización es la cantidad total de información que almacene. Esta información se puede describir en términos de pulsaciones, de retazos, de declaraciones afirmativas o negativas concernientes a sí misma o al Universo que tal civilización conozca.

Un ejemplo de este concepto es el popular juego de «Veinte preguntas», tal y como se juega en la Tierra. Un jugador imagina un objeto o concepto y realiza una clasificación inicial de él en el campo animal, vegetal, mineral, o en ninguno de estos tres. Para identificar el objeto o concepto, los otros jugadores pueden hacer un total de veinte preguntas que solo se pueden responder con «sí» o «no». ¿Cuánta información se puede obtener de esta manera?

Se puede pensar en la caracterización inicial como tres preguntas de síes o noes: ¿Conceptual u objetivo? ¿Biológico o no? ¿Planta o animal? Si estamos de acuerdo en que una partida de «veinte preguntas» persigue algo vivo, hemos respondido, en efecto, ya a tres preguntas cuando comience la partida.

La primera pregunta dividió al Universo en dos partes (desiguales). La segunda pregunta dividió a una de estas dos partes en dos más, y la tercera dividió a otra de estas últimas, en otras dos. En tal momento hemos dividido al Universo aproximadamente en $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ partes. Cuando terminemos con nuestras veinte preguntas, habremos dividido al Universo en 2^{20} partes adicionales (probablemente desiguales). Ahora, 2^{10} es 1,024. Podemos efectuar tales cálculos muy rápidamente si aproximamos 2^{10} por $1000 = 10^3$; por lo tanto, 2^{20} es igual a (2^{10}), que aproximadamente es igual a $(10^3)^2 = 10^6$. El número total de preguntas efectivas, veintitrés, ha dividido al Universo en alrededor de 2^{23} o 10^7 partes o retazos de información. Así, es posible que los jugadores hábiles ganen en «veinte preguntas» tan solo si viven en una civilización que posee un contenido de información de aproximadamente 10^7 retazos pequeños.

Pero, como digo más adelante, nuestra civilización se caracteriza por, quizá, 10^{14} retazos. Por consiguiente, los jugadores hábiles deben ganar en «veinte preguntas» en alrededor de 10^7 entre 10^{14} veces o una en 10^7, o una en diez millones de veces. Que la partida se gane más a menudo en la práctica se debe a que hay una regla adicional; por lo general, no estatuida, pero sí bien entendida: sobre todo porque el objeto o concepto mencionado deba ser algo que figure en la herencia cultura general de todos los jugadores. Pero esto debe significar que 10^7 retazos de información pueden llevar en sí una gran cantidad de información sobre una civilización, sin duda alguna. Philip Morrison ha calculado que la contribución escrita total a nuestra actual civilización por parte de la civilización clásica griega, solo es de aproximadamente 10^9 retazos. Así, un mensaje de una sola dirección, contiene lo que, según las normas de la moderna radioastronomía, es un número muy pequeño de retazos de información, puede contener una significativa cantidad de nueva información y ejercer una poderosa influencia sobre una sociedad, a la larga.

¿Cuál es el número total, de lo que yo he dado en llamar aquí retazos de información, que hay en una palabra inglesa? Por lo general, se emplean en inglés veintiséis letras más diferentes marcas de puntuación. Calculemos que hay treinta y dos de tales letras que son «efectivas». Pero $32 = 2^5$; es decir, hay algo así como cinco retazos por letra. Si una palabra típica tiene cuatro o seis letras (para un promedio de seis letras por palabra, tendría que haber muchas palabras caprichosas) habrá entonces de veinte a treinta retazos por palabra. Un libro corriente —de unas trescientas palabras por página y de alrededor de trescientas páginas— tendría alrededor de cien mil palabras o,

aproximadamente, tres millones de retazos de información. Las más grandes bibliotecas del mundo, como la del Museo Británico, la Biblioteca Bodleiana de Oxford, la Biblioteca Pública de Nueva York, la Biblioteca Widener de Harvard, o la Biblioteca Lenin de Moscú, no tienen más de diez millones de volúmenes. Esto es aproximadamente 3×10^{13} de retazos de información.

Una fotografía mal revelada puede disponer de un millón de retazos. Una caricatura muy complicada puede tener tan solo unos mil retazos. Por otra parte, una fotografía grande y en color puede tener mil millones de retazos. Concedamos márgenes a la cantidad de información fundamental contenida en gráficos, fotografías y arte en nuestra civilización, así como la tradición oral grabada. Tratemos también de calcular —esto solo puede hacerse de manera muy superficial— la información con la que nacemos sobre cómo tratar con el mundo. (Los seres humanos, al nacer, son, en relación con otros animales, seres con muy poca información, pues tratamos con el mundo mucho más en términos de información aprendida que de información instintiva o heredada). Calculo, entonces, que nosotros y nuestra civilización podemos muy bien caracterizarnos por algo así como 10^{14} o 10^{15} retazos de información.

Entre paréntesis, el viejo adagio chino de que vale más una imagen que diez mil palabras (trescientos mil retazos en inglés, pero ¿y en chino?) es aproximadamente correcto con tal de que la imagen no sea demasiado complicada.

Podemos imaginar civilizaciones que tienen un número mucho más elevado de retazos que caracterizan a su sociedad en mayor grado que a la nuestra. En general, deberíamos esperar que una civilización superdesarrollada en la escala de energía debiera ser sumamente adelantada en la escala de información. Pero esto no necesita ser cierto del todo. En efecto, puedo imaginar sociedades que sean muy complejas y necesiten muchos más retazos para caracterizarlas que lo que necesita nuestra sociedad, pero que no están interesadas en la comunicación interestelar. La caracterización de civilizaciones interestelares requiere que distingamos su contenido de información también.

Si hemos empleado números para describir la energía, quizá debamos usar letras para describir la información. Hay veintiséis letras en el alfabeto inglés. Si cada una de ellas corresponde a un factor de diez en el número de retazos, existe la posibilidad de caracterizar con el alfabeto inglés una gama de contenidos de información sobre un factor de 10^{26}, gama muy amplia que parece adecuada a nuestros propósitos. Propongo llamar a un tipo de

civilización A como una a nivel de «veinte preguntas», caracterizada por 10^6 retazos. En la práctica, esta es una sociedad extremadamente primitiva —mucho más primitiva que cualquier sociedad humana que conozcamos bien— y un buen punto de comienzo. La cantidad de información que hemos recibido de la civilización griega caracterizaría a esa civilización como de tipo C, aunque la cantidad real de información que caracterizó a la Atenas de Pericles probablemente es equivalente al tipo E, o así. Dé acuerdo con estas normas, nuestra civilización contemporánea, si se caracteriza mediante 10^{14} retazos de información, corresponde a un tipo H de civilización.

Una caracterización combinada de información/energía de nuestra actual sociedad global terrestre es del tipo 0,7H. El primer contacto con una civilización extraterrestre sería, creo yo, con un tipo del 1,5J o 1,8K. Si hubiese una civilización galáctica de un millón de mundos, y sí cada uno se caracterizara por mil veces el contenido de información de nuestra civilización terrestre, la civilización galáctica sería del tipo Q. Mil millones de tales galaxias federadas con toda la información mantenida colectivamente se caracterizaría como civilización del tipo Z.

Pero, como exponemos en el capítulo siguiente, no hay suficiente tiempo en la historia del Cosmos para que se haya desarrollado tal tipo de sociedad intergaláctica.

CAPÍTULO 32

INTERCAMBIOS CULTURALES GALÁCTICOS

ES POSIBLE ESPECULAR EN EL FUTURO, muy distante, de las civilizaciones avanzadas. Podemos imaginar tales sociedades en excelente armonía con sus medios ambientes, su biología, y las extravagancias o caprichos de sus políticas, de manera que gozan de períodos de vida extraordinariamente largos. La comunicación tiene que haberse establecido hace ya mucho tiempo con otras civilizaciones. La difusión de conocimientos, técnicas y puntos de vista se extenderían a la velocidad de la luz. Con el tiempo, las diversas culturas de la Galaxia, que implica un gran número de organismos muy diferentes en su aspecto basados en diferentes bioquímicas y diferentes culturas iniciales, se homogeneizarían, así como las diversas culturas de la Tierra están hoy día en procesos de homogeneización.

Pero tal homogeneización cultural de la Galaxia costará largo tiempo. Una comunicación por radio de ida y vuelta entre nosotros y el centro de la Vía Láctea requiere sesenta mil años. La homogeneización cultural de la Galaxia precisaría de muchos de tales cambios, aun cuando cada cambio implicara grandes cantidades de información enviada eficientemente. Considero difícil creer que serían adecuados no menos de cien intercambios entre los lugares más remotos de la Galaxia para la homogeneización cultural.

En consecuencia, el mínimo período de vida para la homogeneización de la Galaxia se extendería a muchos millones de años. Por supuesto, las sociedades deben permanecer estables durante períodos de tiempo comparables. Tal homogeneización no precisa ser deseada, pero se dan todavía presiones fuertes y evidentes para que ocurra, como es también el caso en la Tierra, Si hay una comunidad galáctica de civilizaciones que abarca gran parte de la Vía Láctea, y si estamos en lo cierto con respecto a que no se puede transmitir información a una velocidad mayor que la de la luz, entonces la mayor parte de sus miembros —y todos los miembros fundadores— de tal comunidad deben estar, por lo menos, millones de años más avanzados que nosotros. Por esta razón, creo que es algo muy fantástico o más bien una

verdadera locura el suponer que actualmente se pueda establecer contactos por radio con los extraterrestres y llegar a ser miembro de la federación galáctica, algo similar a como si un armadillo solicitara ingresar en las Naciones Unidas.

Estas limitaciones de la velocidad de la luz, en cuanto se refiere a la comunicación, también se pueden aplicar a la homogeneización de culturas de diferentes galaxias, después de transcurrido un hipotético período de millones de años, en el cual las civilizaciones estelares de una determinada galaxia alcanzarán una cultura común. Podemos imaginar que otras galaxias estén tratando de entrar en contacto con estas federaciones galácticas.

Las galaxias espirales más cercanas se encuentran a varios millones de años-luz de distancia. Esto significa que un solo elemento de diálogo —un mensaje y su respuesta— necesitaría espacios de tiempo de varios millones de años, probablemente unos diez en total. Si se precisan cien de tales intercambios, la escala de tiempo para la homogeneización de un grupo de galaxias cercanas es entonces del orden de los mil millones de años. Las sociedades galácticas tendrían que ser estables y preservar la continuidad para tales períodos de tiempo. Esto significaría que una civilización sumamente vieja en nuestra Galaxia podría tener enormes semejanzas culturales con federaciones galácticas similares en otros miembros de los que los astrónomos llaman modestamente el grupo «local» de galaxias.

Estas escalas de tiempo en la homogeneización están comenzando a alcanzar un punto que pone a prueba la credulidad. Hay suficientes catástrofes naturales y fluctuaciones estadísticas en el Universo —aun residiendo en muchos planetas simultáneamente durante más de mil millones de años— como para que una sociedad estable comience a ser poco probable. También, durante estos inmensos períodos de tiempo, las mismas sociedades galácticas comunicantes estarán evolucionando. Se precisarán muchos contactos para mantener la homogeneización. Las galaxias están tan alejadas una de otra que siempre retendrán su individualidad cultural.

En todo caso, para poseer homogeneización cultural con el grupo más próximo de galaxias como la nuestra, y empeñarnos en un centenar de intercambios de mensajes se necesitaría un tiempo superior a la edad del Universo. Esto no es excluir largos mensajes individuales de una galaxia a otra. Puede ser que enormes cantidades de información, por ejemplo —sobre la historia de una federación galáctica— quizá sean conocidas para civilizaciones de otras galaxias. Pero no habrá tiempo suficiente para diálogos. Como máximo, sería posible un intercambio entre las más distantes

galaxias en el Universo. Dos intercambios de información a la velocidad de la luz necesitarían más tiempo del que existe, de acuerdo con la moderna cosmología.

Concluimos que no puede haber una red fuertemente coherente de comunicación, unificando inteligencias a través de todo el Universo si 1) tales civilizaciones galácticas implican evolución hacia arriba de sociedades individuales planetarias y 2) la velocidad de la luz es indudablemente un límite fijo en la velocidad de transmisión de información como la relatividad especial requiere (es decir, si ignoramos ciertas posibilidades como la de usar agujeros negros para el transporte rápido: véase capítulo XXXIV). Esta inteligencia universal es una especie de dios que no puede existir.

En cierta forma, san Agustín y otros teólogos han llegado a la misma conclusión: Dios no debe vivir en uno a otro momento, sino durante todo el tiempo simultáneamente. Esto es, en cierto sentido, como decir que la relatividad especial no se aplica a Él. Pero los dioses de la supercivilización, quizá los únicos que admiten esta clase de especulación científica, están fundamentalmente limitados. Puede haber tales dioses de galaxias, pero no del Universo como un todo.

CAPÍTULO 33

ENTRADA AL INFINITO

UNA DE LAS IDEAS MÁS FASCINANTES y a la vez más emocionantes de la llamada ciencia-ficción es el relato escrito por H. G. Wells titulado *La máquina del tiempo*, y en otras versiones ulteriores, hay una pequeña máquina construida, normalmente, por un solitario científico en un remoto laboratorio. Se marca en un dial el año que interesa, se sube a la máquina, se presiona un botón, y al instante, aquí está el pasado o el futuro. Entre los dispositivos comunes que aparecen en todos los relatos del viaje en el tiempo están las paradojas lógicas que acompañan al hecho de encontrarse a sí mismo hace varios años, en el pasado; suprimiendo un antecedente lineal, hereditario; interfiriendo directamente con importantes acontecimientos históricos ocurridos en los últimos milenios; o pisando accidentalmente una mariposa precambriana, siempre se está cambiando toda la historia subsiguiente de la vida.

Tales paradojas lógicas no se dan en los relatos sobre el viaje en el futuro. Excepto el elemento nostalgia —el deseo que todos sentimos de revivir o reivindicar algunos elementos del pasado—, un viaje hacia delante del tiempo seguramente es tan emocionante como el hecho de retroceder en el tiempo. Sabemos muchas cosas sobre el pasado, pero nada sobre el futuro. Los viajes hacia este último poseen un mayor grado de emoción y hasta de excitación intelectual que no tienen los que podríamos calificar de viajes hacia atrás, es decir de retroceso en el tiempo.

No cabe la menor duda de que el viaje hacia el futuro es posible: lo realizamos todos los días, a cada instante, al envejecer normalmente. Pero hay otras posibilidades más interesantes. Todo el mundo ha oído hablar, e incluso hoy día hay mucha gente que la entiende, sobre la teoría de la relatividad de Einstein. Fue el genio de Einstein el que sometió nuestros usuales puntos de vista acerca del espacio, tiempo y simultaneidad, a un profundo y lógico análisis, que pudo haberse efectuado hace ya dos siglos. Pero la relatividad especial requería, para su descubrimiento, una mente que estuviera totalmente alejada de los prejuicios convencionales y ciega adhesión a las creencias predominantes; por supuesto, rara inteligencia en cualquier época.

Algunas de las consecuencias de la relatividad especial son contraintuitivas en el sentido de que no corresponden a lo que todo el mundo ve observando cuanto les rodea. Por ejemplo, la teoría dice que una vara de medir se contrae en la dirección en que se mueve. Cuando uno avanza, andando, adelgaza en la dirección en que avanza, pero no a causa de una pérdida de peso. En el momento en que uno se detiene, inmediatamente recupera su dimensión corporal normal. En forma parecida, cuando corremos tenemos más peso, más solidez, que cuando permanecemos inmóviles. Estas proposiciones parecen estúpidas e incluso quizás absurdas, porque la magnitud del efecto es demasiado pequeño para medirlo a velocidades de impulso. Pero si fuésemos capaces de movernos a la velocidad de la luz (300 000 km por segundo), estos efectos serían manifiestos. De hecho, los costosos sincrotones —máquinas para acelerar partículas cargadas muy cerca de la velocidad de la luz— tienen en cuenta estos efectos y trabajan solamente porque ocurre que es correcta la relatividad especial. La razón de que estas consecuencias de la relatividad parezcan contraintuitivas es que no estamos acostumbrados a viajar a la velocidad de la luz. Y no es que le ocurra nada malo al sentido común; el sentido común ocupa perfectamente su lugar.

Hay una tercera consecuencia de la relatividad, un efecto raro e importante solo porque se aproxima mucho a la velocidad de la luz: el fenómeno llamado dilatación del tiempo. Si nos moviésemos próximos a la velocidad de la luz, el tiempo, tal y como se puede medir con nuestro reloj de pulsera o mediante los latidos del corazón, transcurriría más lentamente que el de un reloj comparable, pero estacionario. Además, esta no es una experiencia de nuestra vida diaria, sino que es una experiencia de partículas nucleares que poseen relojes en su interior (sus tiempos de declinación o decadencia) cuando se mueven a la velocidad de la luz o más bien próximas a esta última. La dilatación del tiempo es una realidad medida y refrendada del Universo en que vivimos.

La dilatación del tiempo implica la posibilidad de viajar en el tiempo hacia el futuro. Un vehículo espacial que pudiera moverse arbitrariamente próximo a la velocidad de la luz condiciona el tiempo medido en el vehículo para moverse tan lentamente como se desee. Por ejemplo, nuestra galaxia tiene un diámetro de aproximadamente unos sesenta mil años-luz. A esta velocidad, dicho vehículo tardaría sesenta mil años en cruzar de un extremo a otro de la Galaxia. Pero este tiempo se mide, por supuesto, por un observador estacionario. Un vehículo espacial capaz de avanzar casi a la velocidad de la luz atravesaría la Galaxia de un lado a otro en menos del tiempo que se

atribuye a una vida humana. Con el vehículo idóneo, podríamos circunnavegar la Galaxia y regresar casi doscientos mil años más tarde, tal y como se mide en la Tierra. Naturalmente, nuestros amigos y parientes habrían cambiado un poco en este intervalo, como habría ocurrido con nuestra sociedad y es probable que hasta con nuestro planeta.

De acuerdo con la relatividad, incluso es posible circunnavegar todo el Universo dentro del período de tiempo de una vida humana, regresando a nuestro planeta muchos miles de millones de años en el futuro. De acuerdo con la relatividad, no hay la menor perspectiva o esperanza de viajar a la velocidad de la luz y ni tan siquiera acercarnos a semejante medida. Y tampoco hay posibilidad de viajar retrocediendo en el tiempo; simplemente podemos reducir el tiempo, pero no detenerlo o hacerlo retroceder.

Los problemas de ingeniería que implican la construcción de vehículos espaciales capaces de desarrollar tales velocidades, son enormes. El *Pioneer 10*, el ingenio más rápido fabricado por el hombre, y que ha podido abandonar nuestro Sistema Solar, viaja a una velocidad diez mil veces menor que la de la luz. Así pues, el viaje hacia el futuro no es, ni muchísimo menos, perspectiva inmediata, pero sí concebible para la avanzada tecnología de planetas de otras estrellas.

Aún hay otra posibilidad que debe mencionarse: es una perspectiva que, sin duda, encierra más especulación. Al final de sus tiempos de vida, las estrellas que tengan una masa 2,5 veces mayor que nuestro Sol sufrirán un colapso tan poderoso que no habrá fuerzas conocidas que puedan evitarlo. Las estrellas provocan una especie de pliegue o arruga en la tela sideral —más bien un «orificio o agujero negro»— en el cual desaparecen. La física de los agujeros negros no compromete la teoría de la relatividad de Einstein; sí implica muchas más dificultades a la teoría *general* de la relatividad. La física de los agujeros negros —particularmente de los agujeros negros que giran— se entiende en la actualidad bastante mal. Sin embargo, existe una conjetura que no se puede rechazar y que vale la pena anotar: Los agujeros negros pueden ser una especie de paso o aberturas al infinito, a algo desconocido incluso para la mente humana. Si nos lanzáramos al interior de uno de estos agujeros, seguramente, y así se especula, emergeríamos en otro lugar del Universo y en otra época en el tiempo. No sabemos si es posible alcanzar esta parte del Universo más rápidamente atravesando un agujero negro, que siguiendo la ruta normal. Ignoramos si es posible viajar en el pasado lanzándonos al interior de uno de estos agujeros negros. Las paradojas que

implicaría esta última posibilidad podrían emplearse en contra de semejante probabilidad, pero en realidad no lo sabemos.

Hasta ahora, todo cuanto sabemos, o creemos saber, es que los agujeros negros son los canales de transporte de civilizaciones tecnológicamente avanzadas, quizá canales tanto en el tiempo como en el espacio. Hay un gran número de estrellas que poseen una masa 2,5 veces mayor que la del Sol; suponemos que todas ellas deben convertirse en agujeros negros durante su evolución relativamente rápida.

Los agujeros negros pueden ser entradas al País de las Maravillas. ¿Habrá allí Alicias o conejos blancos?

CAPÍTULO 34

HABITANTES DE LAS ESTRELLAS

I. Una fábula

Sucedió una vez, hace diez o quince mil millones de años, que el Universo no tenía forma. No había galaxias. No había estrellas. No había planetas.

Y no había vida. Reinaba la oscuridad sideral. El Universo era hidrógeno y helio. La explosión del Gran Ruido había acabado y los fuegos de aquel acontecimiento titánico —bien la creación de universo o bien las cenizas de una anterior encarnación del mismo— llameaban débilmente a través de los pasillos siderales.

Pero los gases de hidrógeno y helio no se hallaban adecuadamente distribuidos. Aquí y allá, en la gran oscuridad, por accidente, se amontonaba una cantidad de gas mayor que de ordinario. Tales grupos gaseosos aumentaban de manera imperceptible a costa de lo que les rodeaba, atrayendo gravitacionalmente cada vez más grandes cantidades de gas cercano. A medida que estas acumulaciones de gas aumentaron en su masa, sus partes más densas, gobernadas por la inexorable ley de la gravitación y conservación del momento angular, se contrajeron haciéndose más compactos, a la vez que giraban cada vez a más velocidad. En el interior de estas grandes bolas giratorias y remolinos de gas, se condensaban fragmentos más pequeños de una mayor densidad; estos fragmentos se hicieron pedazos, formando miles de millones de contraídas bolas de gas más pequeñas.

La contracción condujo a violentas colisiones de los átomos en los centros de las bolas de gas. Las temperaturas se hicieron tan altas que los electrones se desprendieron de los protones en los átomos de los componentes de hidrógeno. Como los protones tienen cargas eléctricas positivas, se rechazan mutuamente. Pero con el tiempo las temperaturas en los centros de las esferas de gas llegaron a ser tan grandes que los protones chocaron con extraordinaria energía, una energía tan enorme que se llegó a horadar la barrera de rechazo eléctrico que rodeaba al protón. Una vez se produjo esta penetración, las fuerzas nucleares —las que mantienen unidos el núcleo de los átomos— se

pusieron en marcha. Del gas de hidrógeno simple se formó el átomo más cercano en complejidad, el helio. En la síntesis de un átomo de helio entre cuatro átomos de hidrógeno, hay una pequeña cantidad en exceso de energía sobrante. Esta energía, atravesando la esfera de gas, alcanzó la superficie y se irradió al espacio. La esfera de gas había cambiado, y se formaba la primera estrella. Había luz en el espacio sideral.

Las estrellas evolucionaron durante miles de millones de años, transformándose lentamente el hidrógeno en helio en sus profundos interiores, convirtiendo a la vez la diferencia de masa en energía, e inundando de luz los cielos. En aquellos momentos no había planetas que recibieran la luz, y ninguna forma de vida admiraba el resplandor del cielo.

La conversión de hidrógeno en helio no pudo continuar de modo indefinido. Por último, en los ardientes interiores de las estrellas donde las temperaturas eran suficientemente altas como para vencer a las fuerzas de rechazo eléctrico, se consumió todo el hidrógeno. Se atizó el fuego de las estrellas. Las presiones interiores ya no pudieron soportar el enorme peso de las superpuestas capas de las estrellas. Entonces las estrellas continuaron su proceso de colapso, que había sido interrumpido mil millones de años antes por los fuegos nucleares.

Al producirse una mayor contracción, se alcanzaron temperaturas más elevadas, temperaturas tan altas que los átomos de helio —cenizas de épocas anteriores de reacción nuclear— se convirtieron en útiles como combustible estelar. En el interior de las estrellas se dieron reacciones nucleares más complejas, a la vez que las estrellas aparecían como hinchadas, como estrellas gigantescas y rojas.

El helio se convirtió en carbono, el carbono en oxígeno y magnesio, el oxígeno en neón, el magnesio y silicio, el silicio en azufre, y hacia arriba y a través de la escala de la tabla periódica de los elementos, una masiva alquimia estelar. Grandes y complicados laberintos de reacciones nucleares formaron algunos núcleos. Otros se unieron para formar núcleos mucho más complejos. Y otros se fragmentaron o combinaron con protones para formar núcleos solo ligeramente más complejos.

Pero la gravedad en la superficie de las estrellas gigantes es baja, porque las superficies se desarrollaron a partir de los interiores. Las capas exteriores de los gigantes rojos se disiparon lentamente en el espacio interestelar, enriqueciendo al vacío entre las estrellas con carbono, oxígeno, magnesio y hierro, y con todos los elementos más pesados que el hidrógeno y el helio. En algunos casos, las capas exteriores de la estrella se desprendían como si

fuesen las sucesivas telas de una cebolla. En otros casos, una colosal explosión nuclear sacudió a la estrella lanzando al espacio a inmensa velocidad la parte más exterior de la misma. Bien por fuga o explosión, por disipación lenta o rápida, el material estelar se expandió al espacio como fino gas del que se habían formado las estrellas.

Pero aquí ya estaban naciendo generaciones posteriores de estrellas. Una vez más, las condensaciones del gas trazaron sus piruetas de gravitación para más tarde convertirse en estrellas. Pero estas nuevas y segundas generaciones estelares se enriquecieron en elementos pesados, patrimonio de sus precedentes. Entonces, al formarse nuevas estrellas, también se formaron cerca de ellas más condensaciones pequeñas, condensaciones demasiado pequeñas como para producir fuegos nucleares y convertirse en estrellas. Eran pequeñas agrupaciones de materia fría, muy poco densas, que se formaban lentamente a causa de la rotante nube, para ser iluminadas más tarde por los fuegos nucleares que ellas no habían podido generar. Estas agrupaciones de poca importancia se convirtieron en planetas: algunos, gigantescos y gaseosos, compuestos en su mayor parte por hidrógeno y helio, fríos y alejados de su estrella madre; otros, más pequeños y más calientes, perdiendo el conjunto de su hidrógeno y helio a causa de una lenta fuga al espacio, formaron una clase diferente de planeta, rocoso, metálico y con superficie dura.

Estos restos cósmicos más pequeños, congelándose y calentándose, liberaron pequeñas cantidades de gases enriquecidos con hidrógeno, atrapado en sus interiores durante el proceso de formación. Algunos gases se condensaron en la superficie formando las primeras atmósferas —atmósferas diferentes a la actual de la Tierra, compuestas por metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, agua e hidrógeno—, una desagradable e insoportable atmósfera para los seres humanos. Pero esta no es todavía una historia sobre seres humanos.

La luz estelar cayó sobre esta atmósfera. El Sol impulsó y dirigió las tormentas produciéndose truenos y relámpagos. Los volcanes entraron en erupción y la lava ardiente calentó la atmósfera cerca de la superficie. Estos procesos destrozaron las moléculas de una atmósfera primitiva. Pero los fragmentos se unieron para formar moléculas cada vez más complejas, cayendo en los primeros océanos, y allí, relacionándose unas con otras, desplomándose por casualidad sobre terrenos arcillosos, en vertiginoso proceso de rotura, de resíntesis, de transformación, moviéndose lentamente hacia moléculas de una mayor complejidad, obedeciendo a las leyes de la

física y la química. Al cabo del tiempo, los océanos alcanzaron consistencia de un caldo diluido y cálido.

Entre las numerosas especies de moléculas orgánicas complejas que se formaban y disipaban en este caldo, surgió, cierto día, una molécula perfectamente capaz de formar copias de sí misma —una molécula que dirigía débilmente los procesos químicos de su vecindad para producir moléculas como ella—, una molécula patrón, una molécula heliográfica, una molécula autorreproductora. Esta molécula no era muy eficiente. Sus copias eran inexactas. Pero muy pronto obtuvo significativa ventaja sobre las otras moléculas en las tempranas aguas. Las moléculas que no podían copiarse a sí mismas no lo consiguieron. Las que podían hacerlo sí lo hicieron. El número de moléculas aumentó así considerablemente.

A medida que transcurría el tiempo, el proceso de copia se fue haciendo más exacto. Otras moléculas se reprocesaron en las aguas para formar piezas de rompecabezas que se adaptaron a las moléculas que producían copias. La pequeña ventaja, la imperceptible ventaja estadística de las moléculas que podían copiarse a sí mismas, se transformó pronto en proceso dominante en los océanos mediante el cálculo de la progresión geométrica.

Surgieron sistemas reproductores cada vez más elaborados. Los sistemas que copiaban mejor producían más copias. Los que copiaban pobremente producían menos copias. Pronto, la mayor parte de las moléculas se organizaron en estructuras moleculares, en sistemas privados. No se trataba de que algunas moléculas llegaran a tener una idea o sentir una necesidad, deseo, o aspiración; simplemente, tales moléculas que producían copias continuaron haciéndolo y muy pronto la superficie del planeta se transformó por el proceso de copia. Con el tiempo, los mares se llenaron de estas moléculas que formaban estructuras, metabolizando, multiplicándose… y repitiendo estos procesos una y otra vez. Luego surgieron sistemas más complicados, las estructuras moleculares comenzaron a actuar moviéndose hacia donde los cimientos de copia eran más abundantes, evitando a las estructuras moleculares que incorporaban a sus vecinos. La selección natural llegó a ser un tamiz molecular, eligiendo las combinaciones de moléculas mejor dotadas para una posterior multiplicación.

Mientras tanto, se establecían los cimientos, los alimentos, las piezas para copias posteriores, principalmente mediante la luz solar, los relámpagos y los truenos, todo ello guiado por la cercana estrella. Los procesos nucleares en el interior de las estrellas fueron los que dieron impulso a los procesos planetarios que condujeron a una vida sostenida.

A medida que se fueron agotando los alimentos, surgió de nuevo una nueva especie de estructura molecular capaz de producir principios moleculares internos, lejos del agua, del aire y de la luz del sol. A los primeros animales se unieron las primeras plantas. Los animales se convirtieron en parásitos de las plantas como ya lo habían sido en un principio en el maná estelar caído de los cielos. Las plantas cambiaron lentamente la composición de la atmósfera; el hidrógeno se perdió en el espacio, el amoníaco se transformó en nitrógeno y el metano en anhídrido carbónico. Por primera vez, se producía el oxígeno en la atmósfera en cantidades importantes, el oxígeno, un gas venenoso capaz de convertir todas las moléculas orgánicas autocopiadoras en gases simples como el agua y el anhídrido carbónico.

Pero la vida tropezó con este supremo reto: En algunos casos horadando o minando hacia medios ambientes en los cuales el oxígeno estaba ausente, pero —en las variantes de más éxito— evolucionando no solo para que sobreviviese el oxígeno, sino también para usarlo en el más eficaz metabolismo de alimentos.

Evolucionaron el sexo y la muerte procesos que aumentaron notablemente el proceso de selección natural. Algunos organismos evolucionaron en sus partes duras, crecieron y sobrevivieron en el terreno. Se aceleró el proceso de producción de formas mucho más complejas. Evolucionó también el vuelo. Enormes bestias de cuatro patas atronaban las humeantes selvas. Surgían pequeñas bestias y sobrevivían entre astucias y rapidez de la vida en períodos que se iban acrecentando cada vez más.

Mientras tanto, el clima también variaba. Ligeros cambios en la producción de luz solar, movimiento orbital del planeta, nubes, océanos y casquetes polares, todo ello provocaba cambios climáticos aniquilando así grupos enteros de organismos y provocando la formidable proliferación de otros grupos al principio insignificantes.

Y entonces… la Tierra se enfrió un tanto. Los bosques iniciaron su retirada. Pequeños animales arborícolas descendían de los árboles para buscarse un modo de vida en las llanuras. Se irguieron y usaron herramientas. Se comunicaban produciendo en el aire ondas de comprensión con sus órganos de respiración y nutrición. Descubrieron que el material orgánico a temperatura suficientemente alta se combinaba con el oxígeno atmosférico para producir el plasma ardiente y estable llamado fuego. Mediante una interacción social, se aceleró el aprendizaje *post partum*. Se desarrolló la caza

comunal, se inventó la escritura, las estructuras políticas, la superstición y la ciencia, la religión y la tecnología.

Y entonces, un día, llegó una criatura cuyo material genético no era muy diferente de las estructuras moleculares reproductoras de cualquier otra clase de organismos del planeta, que dicha criatura llamó Tierra. Pero era capaz de reflexionar sobre el misterio de su origen, de estudiar el extraño y tortuoso sendero por el cual había surgido desde la materia estelar. Era el material del Cosmos contemplándose a sí mismo. Consideró la enigmática y problemática cuestión de su futuro. Se llamó a sí mismo hombre. Y ansió regresar a las estrellas.

II. Un futuro

La historia del capitulo anterior es una especie de fábula científica. Es más o menos lo que los científicos modernos creen basándose en cuantas pruebas tienen a mano. Es el esbozo de la aparición del hombre, un proceso que pasó por miles de millones de años, por la física nuclear y la gravitación, por la química orgánica y por la selección natural. El capítulo anterior nos cuenta cómo se generó el material de que estamos hechos en otro lugar y en otro tiempo, en los interiores de una moribunda estrella hace cinco mil millones de años o más.

Hay tres aspectos de la historia que considero particularmente interesantes. Primero, que el Universo se forma de tal manera como para permitir, ya que no garantizar, que sepamos cuál es el origen de la vida y el desarrollo de criaturas complejas. Es fácil imaginar leyes físicas que no permitirían se unieran adecuadas estructuras moleculares. Pero no vivimos en tales universos. Vivimos en un Universo notablemente adecuado para la vida.

Segundo, que en la fábula no hay un escalón único a nuestro Sistema Solar y a nuestro planeta. Hay 250 mil millones de soles en nuestra Vía Láctea, y miles de millones de otras galaxias en los cielos. Probablemente, la mitad de estas estrellas tienen planetas a distancias adecuadas biológicamente del sol local. Los elementos químicos iniciales para el origen de la vida son las moléculas que más abundan en el Universo. Algo similar a los procesos que en la Tierra condujeron al hombre deben haber tenido lugar miles de millones de otras veces en la historia de nuestra Galaxia. Debe haber otros habitantes.

Por supuesto, los detalles de la evolución no serían los mismos. Incluso si la Tierra se iniciase otra vez y solamente las fuerzas operasen al azar no se produciría nada parecido a un ser humano, porque los seres humanos son el producto final de una senda evolucionista exquisitamente complicada, llena de falsos comienzos, de callejones casi sin salida y de accidentes estadísticos. Pero bien podríamos esperar, ya que no seres humanos, sí organismos que funcionalmente no fuesen muy diferentes a nosotros. Puesto que hay segundas y terceras generaciones de estrellas mucho más viejas que nuestro Sol, debe haber, creo, muchos lugares en la Galaxia donde haya seres mucho más avanzados que nosotros en ciencia y tecnología, en política, ética, poesía y música.

El tercer punto es el más atractivo. Es la íntima conexión que hay o pueda haber entre las estrellas y la vida. Nuestro planeta se formó de los restos o sedimentos del material estelar. Los átomos necesarios para la vida se formaron en el interior de gigantescas estrellas rojas. Estos átomos se unieron forzosamente para formar moléculas orgánicas complejas mediante la luz ultravioleta, truenos y relámpagos, todo ello producido por la irradiación de nuestro vecino Sol. Cuando la provisión de alimento escaseó, se desarrolló la fotosíntesis de las plantas verdes, impulsada de nuevo por la luz solar, la luz solar que casi todos los organismos de la Tierra y, por supuesto, todos nosotros conocemos, y ciertamente se sigue viviendo hoy día gracias a ella. Pero este no puede ser el final de la fábula. Nuestro Sol se está aproximando a su mediana edad. Quizás aún le queden de vida otros cinco mil millones o diez mil millones de años, de vida estelar, se entiende.

¿Y qué hay sobre la vida en la Tierra y el hombre? También, que sepamos, tienen un futuro. Y si no, hay miles de millones de otras estrellas y probablemente miles de millones de otros planetas deshabitados en nuestra Galaxia. ¿Cuál es la acción recíproca entre las estrellas y la vida?

La muerte de las estrellas está llevando a los astrónomos a inesperados y casi irreales paisajes celestes. Uno de estos es la explosión supernova, la angustia de muerte de una estrella ligeramente más sólida que nuestro Sol. En el breve período de unas semanas o, probablemente, de unos meses, tal explosiva estrella puede llegar a ser mucho más brillante que el resto de la galaxia en la cual reside. En una supernova, los elementos como el oro y el uranio se generan del hierro. Las supernovas son la tan busca da piedra filosofal, convirtiendo los metales básicos en preciosos.

Habiendo expulsado la mayor parte de su material estelar —destinado, parte de él, a ulteriores formaciones de nuevas estrellas, planetas y vida—, la

estrella se dispone a disfrutar tranquilamente de una pacífica vejez, con sus fuegos extinguidos, como una enana blanca. Una enana blanca está constituida de materia en un estado que los físicos, sin ninguna imputación moral, llaman degenerado. Los electrones se desprenden del núcleo de átomos. Los escudos protectores de la electricidad negativa se desmontan. El núcleo puede unirse mucho más, lo que trae como consecuencia un estado de extraordinaria densidad. La materia degenerada pesa aproximadamente una tonelada por dedal. Algunas enanas blancas, consideradas adecuadamente, son grandes cristales estelares capaces de soportar el peso de las capas superpuestas de la estrella. Algunas enanas blancas son principalmente carbono. Podemos hablar de una estrella hecha de diamante.

Pero en cuanto se refiere a estrellas más sólidas, las enanas blancas —con sus brasas apagándose lentamente, reduciéndose a enanas negras— no son el estado final. La materia degenerada no puede soportar el peso de una estrella de mayor masa, y, en consecuencia, sigue otro ciclo de contracción estelar, aplastándose la materia para formar densidades cada vez más increíbles, hasta que se presenta un nuevo orden de física, hasta que una nueva fuerza surge para detener el colapso estelar. Solamente hay una fuerza conocida, con esta amplitud: es la fuerza nuclear que mantiene unido el núcleo del átomo. Esta fuerza nuclear es responsable de la estabilidad de los átomos, y, por tanto, de toda la química y biología. También es responsable de las reacciones termonucleares en el interior de las estrellas que hacen brillar a estas y que, por ello, de forma completamente diferente, impulsa la biología planetaria.

Imaginemos una estrella más o menos parecida al Sol, pero un poco más sólida, ya cerca del fin de sus días de convertir el núcleo simple en otro más complejo. Produce la última serie de reacciones nucleares complejas que es capaz de producir, y luego sufre el colapso. Cuando su tamaño se reduce, gira más y más rápidamente y tan solo cuando su interior se hace comparable a la densidad de la materia dentro del núcleo atómico es cuando se detiene el colapso. Es una simple cuestión de física elemental calcular en qué etapa se detendrá el colapso. Termina cuando la estrella tiene un par de kilómetros de diámetro y gira diez veces por segundo.

Tal objeto es una estrella neutrón que gira rápidamente. En verdad, es un núcleo atómico gigantesco que mide dos kilómetros de diámetro. La materia de la estrella neutrón es tan densa que una partícula suya —apenas visible— pesaría un millón de toneladas. La Tierra no sería capaz de soportarla. Un trozo de materia de estrella neutrón, si pudiera transportarse a la Tierra sin romperse, se hundiría sin el menor esfuerzo atravesando la corteza, manto y

núcleo de nuestro planeta como si fuera una hoja de afeitar que cortara mantequilla.

Tales estrellas neutrón eran productos teóricos, fruto de la imaginación de físicos especulativos, hasta que se descubrieron los pulsars. Los pulsars son fuentes de emisión de radio. Algunos de ellos están asociados con antiguas explosiones de supernovas. Nos parpadean como si el rayo de la luz de algún faro cósmico nos iluminara diez veces por segundo. Los detalles de la emisión de los pulsars se entienden mejor si son las estrellas neutrón de la fábula. A causa de la pérdida de energía al espacio que observamos, el índice de rotación de una estrella neutrón aislada debe declinar lentamente, aun cuando sea un cronómetro de extraordinaria seguridad. La decadencia observada en los períodos pulsar es aproximadamente lo que se esperaba de la física de la estrella neutrón.

El primer pulsar que se descubrió fue llamado por sus descubridores, un tanto burlonamente, LGM-1. Las siglas LGM corresponden a la frase «pequeños hombres verdes». ¿Era, se preguntaban, un fanal o faro de una civilización extraterrestre avanzada? Mi propio punto de vista, cuando oí hablar por vez primera de los pulsars, fue que eran perfectos fanales de navegación interestelar, la clase de señalizadores que una sociedad espacial interestelar situaría en la galaxia para orientarse en el tiempo y el espacio en sus viajes. Ahora hay muy pocas dudas de que los pulsars son estrellas neutrón. Pero no excluiría la posibilidad de que si hay sociedades viajeras interestelares, los pulsars naturalmente formados se usan como luces de situación para la navegación y con propósitos de comunicación.

Aún no se ha entendido el estado de la materia del interior de esta estrella neutrón. No sabemos si una corteza de superficie conteniendo una celosía de cristal neutrón cubre un núcleo de neutrones líquidos. Si el núcleo fuera sólido, serían de esperar seísmos estelares, una desviación de la materia bajo enormes esfuerzos en el interior de la estrella. Tales seísmos producirían un cambio intermitente en el período de rotación de la estrella neutrón. Se observan tales cambios llamados «centelleos».

Algunos se sintieron decepcionados al saber que los pulsars eran estrellas neutrón y no canales de comunicación de radio interestelar. Pero los pulsars no dejan de ser interesantes. Sin duda alguna, una estrella más sólida que el Sol, que se adapta a una esfera que mide 2 km de diámetro y que gira diez veces por segundo, es, en cierto sentido, mucho más rara que una civilización mucho más avanzada que nosotros en el planeta de otra estrella.

Pero hay otra forma más profunda en la que las estrellas neutrón y las explosiones supernova están relacionadas con la vida. En una explosión supernova, como hemos mencionado anteriormente, se expulsan enormes cantidades de átomos desde la superficie de la estrella al espacio interestelar. En el caso de la estrella neutrón y a causa de su rápida rotación, hay una zona no muy lejos de su superficie que gira casi a la velocidad de la luz. Las partículas saltan desde esa zona a tan alta velocidad que ha de tenerse muy en cuenta la teoría de la relatividad para describirlas. Tanto las explosiones supernova como las estrellas neutrón en su zona de alta velocidad deben producir rayos cósmicos, partículas cargadas muy rápidamente (en su mayor parte protones, pero conteniendo los restantes elementos también), que llenan el espacio entre las estrellas.

Los rayos cósmicos caen en la atmósfera de la Tierra. Las partículas menos energéticas son absorbidas por la atmósfera o desviadas por el campo magnético de la Tierra. Pero las partículas más energéticas, las que fueron producidas por estrellas neutrón o supernova, llegan a la superficie de la Tierra. Y aquí chocan con la vida. Algunos rayos cósmicos penetran a través del material genético de formas de vida en la superficie de nuestro planeta. Estos imprevisibles rayos cósmicos producen cambios, mutaciones, en el material hereditario. Las mutaciones son variaciones en lo que podríamos llamar heliografía, instrucciones hereditarias, contenidas en nuestras propias moléculas de autorreproducción o copia. Igual que si un reloj de buena calidad es golpeado con un martillo repetidas veces, el funcionamiento de la vida no mejorará probablemente bajo tales fortuitos porrazos. Pero, como ocurre algunas veces con los relojes o con los aparatos de televisión, un golpe aplicado al azar mejora su funcionamiento, Resulta perjudicial el vasto conjunto de mutaciones, pero la pequeña fracción de las mismas que son una mejora proporcionan las primeras materias para el avance de la evolución. La vida llegaría a un callejón sin salida al carecer de mutación. Así, en otra forma, la vida en la Tierra está íntimamente ligada a los acontecimientos estelares. Los seres humanos están aquí a causa de los paroxismos que se dan en las estrellas situadas a miles de años-luz de distancia.

El nacimiento de estrellas genera los semilleros planetarios de la vida. Las vidas de las estrellas proporcionan la energía de la que depende la vida. Las muertes de las estrellas producen las herramientas para el continuo desarrollo de la vida en otros lugares de la Galaxia. Si hay en los planetas de las estrellas moribundas seres inteligentes incapaces de huir de su destino, al menos podrán consolarse con el pensamiento de que la muerte de su estrella, el

acontecimiento que provocará su propia muerte o extinción proporcionará, sin embargo, los medios de un progreso biológico continuado de la vida en un millón de otros mundos.

III. Los gatos negros cósmicos

La estrella neutrón no es el habitante más raro del bestiario estelar. Una estrella que posee una masa tres veces mayor que la de nuestro Sol es demasiado grande incluso para que las fuerzas nucleares detengan su colapso. Una vez se inicia este, no hay nada que lo detenga. La estrella se contrae hasta medir 2 km y continúa contrayéndose. El campo de gravitación cercano a esta estrella moribunda continúa aumentando. Por último, la gravedad es tan fuerte que no solamente la materia es incapaz de abandonar la estrella, sino que también queda atrapada la luz. Un fotón que viaje a la velocidad de Ja luz alejándose de la estrella, está obligado a seguir una trayectoria curva y caer de nuevo sobre la estrella, como sucede con la gravedad de la Tierra, que es demasiado potente para que cualquiera de nosotros pueda arrojar una piedra a velocidad de escape. Tales estrellas son demasiado sólidas incluso para que escapen los fotones. En consecuencia, son oscuras. No se pueden ver directamente porque no emanan ninguna luz. Están presentes gravitacionalmente, pero no en el aspecto óptico. Se llaman «agujeros negros». Son bestias emparentadas con la sonrisa del gato de Cheshire. Son estrellas enormes que han dejado de parpadear, pero todavía están allí.

Los agujeros negros son, básicamente, conceptos teóricos. Puede que no sean más que esto y que tampoco sean tan encantadores como los duendecillos del centro de la Tierra. Pero probablemente están allí. De hecho, gran parte de la masa de la Galaxia puede residir, no en estrellas que no vemos ni en el gas o polvo que hay entre las estrellas, sino más bien en los agujeros negros que llenan la Galaxia como si fueran los agujeros de un queso.

Se pudo descubrir el primer agujero negro. El Cygnus X-l es una fuente, que varía rápidamente, de rayos X, luz visible, y ondas de radio. Su emisión de rayos X fue captada por el satélite de la NASA, UHURU, lanzado desde un complejo de lanzamiento italiano cerca de la costa de Kenia. Todos los indicios señalan al Cyg X-l como estrella binaria, dos estrellas que giran una alrededor de la otra en intrincado vals. Por el movimiento de una estrella que vemos, podemos deducir la masa de la que no vemos. Resultó ser una estrella

de enorme masa, quizá diez veces la de nuestro Sol. Tal estrella normalmente debería ser muy brillante, pero no se la ve en absoluto. La estrella brillante en Cyg X-l gira alrededor de un objeto masivo que está presente gravitacional, pero no ópticamente. Es muy probable que se trate de un agujero negro situado a una distancia de la Tierra de miles de años-luz.

Puede que tengan su utilidad los agujeros negros. Lo que hasta ahora sabemos de ellos es totalmente teórico, sin probar contra las escépticas normas de la observación. Hay algunas posibilidades raras que se han sugerido en cuanto se refiere a estos agujeros negros. Como no hay forma de salir de un agujero negro, es, en cierto sentido, un universo aparte.

De hecho, nuestro propio universo es muy parecido a un vasto agujero negro. Ignoramos qué es lo que hay fuera de él. Esto es verdad por definición, pero también a causa de las propiedades de los agujeros negros. Los objetos que hay en ellos no les pueden abandonar. En sentido un tanto extraño, nuestro universo se puede llenar con objetos que no están aquí. No son universos separados. No tienen la masa del nuestro. Pero en su separación y en su aislamiento son universos autónomos.

Incluso hay una perspectiva más audaz. Desde un punto de vista especulativo (capítulo XXXIII) un objeto que penetra en un agujero negro rotativo puede surgir en otra parte: en otro lugar, en otro tiempo. Los agujeros negros pueden ser aberturas o pasos a otras galaxias y a épocas remotas. Puede que sean atajos en el espacio y en el tiempo. Si existen tales agujeros en la tela del tiempo-espacio, por supuesto que será cierto que, por ejemplo, una nave espacial podrá usar un agujero negro para viajar a través del espacio y del tiempo. El obstáculo más serio sería la fuerza de marea ejercida por el agujero negro durante la aproximación, una fuerza que tendería a destrozar cualquier materia. Y aun así, creo que cualquier civilización avanzada podría luchar con éxito en contra de esta terrible fuerza de un agujero negro.

¿Cuántos agujeros negros hay en el cielo? Nadie lo sabe en la actualidad, pero, de acuerdo con algunos cálculos teóricos, nos parece modesta la cantidad de un agujero negro por cada cien estrellas. Puedo imaginar, aunque sea pura especulación, una federación de sociedades en la Galaxia que haya establecido un sistema de rápido tránsito en los agujeros negros. Un vehículo se dirige rápidamente a través de una red de agujeros negros para llegar al agujero negro más cercano a su destino.

En un lugar típico de la Galaxia, cien estrellas se hallan situadas dentro de un volumen de radio de aproximadamente veinte años-luz. Si imaginamos vehículos espaciales adecuados para los viajes cortos —los trenes o

lanzaderas locales— se tardaría solamente unos pocos años en ir desde el agujero negro hasta la estrella más lejana del centenar. Un año a bordo de la nave se ocuparía acelerando a aproximadamente 1 g, la aceleración que nos es familiar a causa de la gravedad de la Tierra. Al cabo de un año de 1 g, nos acercaríamos a la velocidad de la luz. Otro año se ocuparía llevando a cabo una aceleración similar a 1 g, al final del viaje. Una galaxia con tal sistema de transporte, un millón de civilizaciones separadas y grandes números de mundos con colonias, grupos de exploración y equipos de trabajo —una galaxia donde se conserve la individualidad de las culturas, pero a la vez manteniendo una común herencia galáctica; una galaxia en la cual los tiempos de los largos viajes hagan difícil el contacto trivial y la red de agujeros negros haga posible el contacto importante— esa sería una galaxia de fantástico interés.

Imagino en dicha galaxia grandes civilizaciones que se desarrollarían cerca de los agujeros negros, con los planetas lejos de ellos, pero diseñados como mundos-granja, reservas ecológicas, lugares para ir de vacaciones o a divertirse, fabricantes de especialidades, puntos de aislamiento para poetas y músicos, y retiros para todos aquellos a quienes desagrada la vida de las grandes aglomeraciones de gente. El descubrimiento de este tipo de cultura galáctica podría tener lugar en cualquier momento; por ejemplo, mediante señales de radio enviadas a la Tierra por civilizaciones que habitan planetas de otras estrellas. O es posible que tal descubrimiento no se lleve a cabo en muchos siglos hasta que una solitaria nave espacial de la Tierra se aproxime a un agujero negro y allí descubra el usual conjunto de balizas que prohíban la llegada o el paso de naves mal preparadas y descubra también a los funcionarios de inmigración entre cuyos deberes figure explicar a los recién llegados de nuevas civilizaciones todo cuanto se refiere a convenciones y normas de transportes.

La muerte de las estrellas pesadas puede proporcionar los medios de atravesar los actuales límites o fronteras del espacio y del tiempo, haciendo que todo el Universo resulte accesible a la vida, y, en último caso, a unificar el Cosmos.

FIN

CARL SAGAN (Nueva York, Estados Unidos, 1934 - Seattle, Estados Unidos, 1996), inició en los años cincuenta las investigaciones sobre el origen de la vida que lo harían famoso. Su libro *Cosmos* ha sido uno de los dos libros de divulgación científica más vendidos de todos los tiempos. El profesor Sagan, que recibió el premio Pulitzer, la medalla Oersted y muchos otros galardones por sus contribuciones a la ciencia, es autor de *Los dragones del Edén*.

Notas

[1] Plutón fue descubierto en el año 1930 por Clyde Tombaugh, Su distancia media del Sol, es de 5900 millones de kilómetros y el período orbital es casi de 248 años. La órbita de Plutón es tan excéntrica (0,248), que se acerca aún más al Sol que Neptuno. Por esta razón, cuando se encuentra en la región del perihelio (cosa que ocurrirá en 1989) dejará de ser el planeta más externo. El autor de *La conexión cósmica* habla de la temperatura que podría existir en Plutón de −34 o −40°, pero, al parecer, existen muchas dudas sobre tal temperatura, hasta el punto de que la mayor parte de los textos la mencionan con una ? *N. del T.* <<

[*] El texto dice: «Los Pedalternorotandomovens Centroculatus Articulosus surgieron (¡generación espontánea!), debido a la ausencia, en la naturaleza, de criaturas vivientes en forma de rueda con la capacidad de rodar hacia adelante. El animal aquí representado es conocido popularmente como “tostada francesa” o “rollito de carne”, trata de satisfacer una necesidad muy sentida, cuyos detalles biológicos son aún escasos: ¿es un mamífero, un reptil o un insecto? Tiene un cuerpo alargado formado por articulaciones queratinizadas y tres pares de patas, cuyos extremos se asemejan al pie humano. En el medio de la cabeza gorda y redonda, que tiene un pico de loro fuertemente curvado, están los ojos bulbosos, que, colocados en los tallos, sobresalen a ambos lados de la cabeza. Cuando está en posición estirada, el animal puede moverse lenta y deliberadamente, por medio de sus seis patas, sobre cualquier sustrato (puede subir o bajar escalones empinados, atravesar matorrales o cantos rodados). Sin embargo, tan pronto como recorre un largo camino y tiene una pista relativamente plana a su disposición, presiona la cabeza contra el suelo y rueda hacia arriba a la velocidad del rayo, empujándose con las piernas siempre que aún toquen el suelo. En estado enrollado, tiene la forma de un disco, cuyo eje descentralizado está formado por los ojos en los vástagos. Al empujar alternativamente con uno de sus tres pares de patas, puede alcanzar una gran velocidad. También retrae las piernas a voluntad mientras rueda (por ejemplo, al bajar una pendiente o para reducir la velocidad) y continúa “girando libremente”. Cuando tiene motivos para hacerlo, puede volver a la posición de caminar de dos maneras: primero, abruptamente, estirando repentinamente su cuerpo, pero luego acostado boca arriba, con las piernas en el aire, y segundo, reduciendo gradualmente su velocidad (frenando con las piernas) y desenrollado lento hacia atrás cuando está parado». *N. del ED.* <<

[2] Aquí el autor razona bien. Me permito añadir que, por lo que hasta ahora sabemos, el carbono es el elemento más adecuado, por sus propiedades y características, para formar, como dice el señor Sagan, moléculas complejas, y es muy probable que, si existen formas de vida en otros planetas, sean muy parecidas a las terrestres, si no en su forma, al menos en su constitución. No obstante, entre los restantes elementos también el silicio tiene posibilidades de formar estructuras bastante complejas, por lo cual no se puede excluir la posibilidad de que, en algún planeta conocido, existan formas de vida basadas en el silicio. Otra posibilidad (simple hipótesis aventurada y de ningún modo previsión científica) sería que una vida orgánica basada en el carbono a baja temperatura pudiese subsistir en una atmósfera en la que el papel del agua lo desempeñara el amoníaco líquido. Si se tienen en cuenta las condiciones ambientales de Júpiter y Saturno, esta hipótesis adquiere cierto interés. *N. del T.* <<

[3] Richard Freyman: *Introduction to Physics*, Vol. I. Addison Wesley. <<

[4] Comisión de Investigación y Estudios Espaciales. *N. del T.* <<

[*] En español en el original. *N. del ED.* <<

[5] Marte gira alrededor del Sol a una distancia media de 228 millones de kilómetros, pero, debido a la notable excentricidad de su órbita (0,09), su distancia varía de 207 millones de kilómetros en el perihelio a 250 millones de kilómetros en el afelio; por esta razón, en la oposición la distancia Tierra-Marte varía considerablemente desde los 56 millones de kilómetros hasta cuando la oposición es menos favorable, 99 millones de kilómetros. *N. del T.* <<

[6] Es más claro en la edición en inglés: «*Schiaparelli was astonished to see a network of fine straight lines covering the disc of Mars. He called these lines canali, which in Italian means* channels *However, canali was translated into English as* canals *a word with a clear imputation of design.*». En inglés *channel* es un pasaje natural para agua u otro líquido, *English channel* (Canal de la Mancha); mientras que *canal* es un paso de agua artificial para las embarcaciones, *The Panama Canal* (Canal de Panamá). Como se ve en español esta diferenciación no se presenta. *N. del ED.* <<

CARL SAGAN
La conexión cósmica
OTROS HORIZONTES
¿Hay posibilidades de comunicación con inteligencias extraterrestres?
Lectulandia